



TESIS - TE142599

**IMPLEMENTASI WIRELESS VOIP DAN ROUTING
BETTER APPROACH TO MOBILE AD-HOC
NETWORK (BATMAN) PADA RURAL AREA
BERBASIS EMBEDDED SYSTEM**

**Mohamad Hariyadi
2214206001**

**DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA.
Dr. Istas Pratomo, ST., MT.**

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TELEMATIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



THESIS - TE142599

**IMPLEMENTATION WIRELESS VOIP AND
ROUTING BETTER APPROACH TO MOBILE AD-
HOC NETWORK (BATMAN) IN RURAL AREAS
BASED EMBEDDED SYSTEM**

**Mohamad Hariyadi
2214206001**

SUPERVISOR

**Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA.
Dr. Istas Pratomo, ST., MT.**

**MASTER PROGRAM
AREAS OF EXPERTISE TELEMATIKA
ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:

Mohamad Hariyadi
NRP. 2214206001

Tanggal ujian : 22 Juni 2016
Periode wisuda : September 2016

Disetujui oleh:

1. Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA.
NIP. 196510141990021001

(Pembimbing I)

2. Dr. Istas Pratomo, ST., MT.
NIP. 197903252003121001

(Pembimbing II)

3. Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST., MT.
NIP. 196907301995121001

(Penguji)

4. Mochamad Hariadi, ST., M.Sc., Ph.D.
NIP. 196912091997031002

(Penguji)

5. Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc.
NIP. 195409251978031001

(Penguji)

6. Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.
NIP. 196906131997021003

(Penguji)



Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Ir. Djaufar Manfaat, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196012021987011001

IMPLEMENTASI WIRELESS VOIP DAN ROUTING BETTER APPROACH TO MOBILE AD-HOC NETWORK (BATMAN) PADA RURAL AREA BERBASIS EMBEDDED SYSTEM

Nama Mahasiswa : Mohamad Hariyadi
NRP : 2214206001
Pembimbing : Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA
: Dr. Istas Pratomo, ST, MT

ABSTRAK

Kemajuan teknologi komunikasi telah berkembang dengan pesat dan sudah menjadi kebutuhan primer yang sangat penting dalam menunjang aktifitas masyarakat. Pada umumnya penerapan telekomunikasi di Indonesia menggunakan komunikasi berbasis PSTN yang masih memiliki kekurangan yaitu adanya kompensasi yang harus dibayar ketika melakukan panggilan telepon. Perkembangan teknologi wireless juga ikut mendorong berkembangnya teknologi telepon berbasis jaringan atau yang disebut dengan VOIP. Dimana perkembangan teknologi VOIP ini bisa di jadikan solusi kekurangan dari telepon berbasis PSTN. Penggunaan aplikasi VOIP bisa menjadi solusi pembangunan infrastruktur komunikasi pada rural area di Indonesia yang sebelumnya masih sangat minim karena besarnya biaya pembangunan yang tidak sebanding dengan keuntungan yang akan di dapat.

Penelitian ini menawarkan solusi komunikasi yang bisa diterapkan secara mandiri dan bisa diakses secara mobile dengan menggunakan algoritma routing BATMAN pada aplikasi wireless VOIP, yang membentuk jaringan mesh dan di implementasikan menggunakan OpenWRT pada perangkat router yang berukuran kecil dan akan diubah menjadi sebuah server atau komputer mini. Selanjutnya dilakukan pengukuran untuk mengetahui kinerja dari aplikasi yang dibuat dengan menggunakan parameter Quality of Service atau dengan menggunakan skenario 4 node pada rural area dalam kondisi statis dan bergerak.

Dari pengujian terhadap aplikasi yang dibuat diperoleh jarak maksimal pada pengukuran horizontal pada kondisi LOS dan NLOS dari node adalah 52 dan 40 meter sedangkan pada pengukuran vertikal adalah 25 dan 12 meter. Maksimal pengguna pernode adalah 22 user. Dan pada pengujian skema multihop pada skenario node diam pada kondisi LOS dan NLOS memiliki nilai packet loss dan jitter yang tergolong rendah dan memenuhi standar yang ada pada ITU-T G114 yaitu maksimal nilai throughput sebesar 33749,66 bps dan delay sebesar 27 ms dengan presentase packet loss sebesar 15,7 %. Secara keseluruhan hasil pengukuran bisa dikatakan memiliki nilai MOS dengan kualitas yang cukup baik berdasarkan ITU-T G114, ITU-T G107 yang juga dirujuk dengan standart ITU-T P800.

Kata Kunci: Wireless VoIP, OpenWRT, *Embedded System*, BATMAN.

Halaman ini sengaja dikosongkan

IMPLEMENTATION WIRELESS VOIP AND ROUTING BETTER APPROACH TO MOBILE AD-HOC NETWORK (BATMAN) IN RURAL AREAS BASED EMBEDDED SYSTEM

By : Mohamad Hariyadi
Student Identity Number : 2214206001
Supervisor : Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA
: Dr. Istas Pratomo, ST., MT

ABSTRACT

The advances of communications technology has grown rapidly and become a primary necessity that so essential in supporting community activities. Usually, the application of telecommunication in Indonesia using a PSTN-based communication that still has disadvantage that the compensation that must be paid when making a phone call. The development of wireless technology also encourages the development of telephone technology that has network based or called by VOIP. The development of VOIP technology could be a solutions for the shortage of phone that has based PSTN. The use of VOIP applications could be a solution to communication infrastructure development in rural areas in Indonesia that previously very minimal because of the large development costs that are not outweighed with the profit that can be received.

This research offers communications solutions that can be applied independently and can be accessed by mobile by using routing algorithms BATMAN on the application of wireless VOIP, which can form a mesh network and implemented using OpenWRT on the small router device and will be turned into a server or minicomputer. Then measured has been done to determine the performance of applications that created using the Quality of Service parameters or by using 4 nodes scenarios in rural areas in static and moving condition.

From the testing of the application made that had made obtained maximum distances for horizontal measurement on LOS and NLOS conditions of nodes is 52 and 40 meters, while for vertical measurement is 25 and 12 meters. A maximum users are 22 pernode. And on the testing of multihop scheme of statis node scenario on LOS and NLOS conditions have packet loss and jitter values are relatively low and comply with the standards that exist in the ITU-T G114 is a maximum value of 33749.66 bps for throughput and of 27 ms for delay with a percentage of packet loss of 15.7%. Overall the measurement results can be said have a MOS value with good enough quality based on ITU-T G114, ITU-T G107 also referred to the standard ITU-T P800.

Keywords: Wireless VoIP, OpenWRT, Embedded System, BATMAN

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR NOTASI	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Mobile Ad hoc Network	7
2.2 Routing Protokol	8
2.3 BATMAN ADV	9
2.4 Voice Over Internet Protocol	10
2.4.1 Signaling Protokol	10
2.4.2 Coder Decoder (Codec)	11
2.4.3 SoftPhone	13

2.5	Embedded System.....	13
2.6	Firmware System	15
2.7	VOIP Server.....	15
2.8	Parameter Kinerja Jaringan.....	16
2.9	Penelitian Sebelumnya.....	19
BAB 3 METODE PENELITIAN		21
3.1	Tahapan Penelitian.....	21
3.2	Gambaran Umum Sistem.....	21
3.3	Instalasi Firmware pada Router	23
3.4	Konfigurasi OpenVoice Sistem	23
3.4.1	Penambahan Kapasitas Media Penyimpanan Internal.....	23
3.4.2	Konfigurasi VOIP Server	23
3.4.3	Konfigurasi BATMAN Routing Protokol	24
3.5	Skenario Pengujian Sistem	24
3.5.1	Cakupan Area Per Node pada Kondisi LOS dan NLOS	25
3.5.2	Kapasitas Pengguna Per Node.....	26
3.5.3	Pengujian dengan Node Diam	27
3.5.4	Pengujian dengan Node Bergerak	28
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Implementasi VOIP	31
4.2	Data Hasil Pengujian	37
4.2.1	Luas Cakupan Area	38
4.2.2	Kapasitas Pengguna Per Node.....	38
4.2.3	Pengujian dengan Node Diam pada Kondisi LOS	39
4.2.4	Pengujian dengan Node Diam pada Kondisi NLOS	40
4.2.5	Pengujian dengan Node Bergerak pada Kondisi LOS.....	40

4.2.6	Pengujian dengan Node Bergerak pada Kondisi NLOS	41
4.3	Analisa Kinerja Aplikasi VOIP	42
4.3.1	Analisa Luas Cakupan Area.....	42
4.3.2	Analisa Kapasitas Pengguna Per Node	43
4.3.3	Analisa Pengujian dengan Node Diam pada Kondisi LOS.....	43
4.3.4	Analisa Pengujian dengan Node Diam pada Kondisi NLOS.....	46
4.3.5	Analisa Pengujian dengan Node Bergerak pada Kondisi LOS	49
4.3.6	Analisa Pengujian dengan Node Bergerak pada Kondisi NLOS	52
4.3.7	Analisa Perbandingan Terhadap Node Diam dan Bergerak pada Kondisi LOS dan NLOS	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		61
5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran	62
DAFTAR PUSTAKA		63
LAMPIRAN.....		65
7.1	Konfigurasi Penambahan Kapasitas Memori	65
7.2	Konfigurasi VOIP Server	65
7.3	Konfigurasi Routing Better Approach to Mobile Ad hoc Network	72
BIOGRAFI PENULIS		77

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi jaringan mobile Ad hoc network	7
Gambar 2.2 Originator message	9
Gambar 2.3 Jenis-jenis Codec.....	12
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	21
Gambar 3.2 Arsitektur jaringan open voice	22
Gambar 3.3 Cakupan area pernode dengan kondisi LOS	25
Gambar 3.4 Cakupan area pernode dengan kondisi NLOS	26
Gambar 3.5 Pengujian kapasitas maksimal pengguna pernode	27
Gambar 3.6 Pengujian node diam pada kondisi LOS	27
Gambar 3.7 Pengujian node diam pada kondisi NLOS	28
Gambar 3.8 Pengujian node bergerak dalam kondisi LOS	29
Gambar 3.9 Pengujian node bergerak dalam kondisi NLOS	30
Gambar 4.1 Halaman login TL MR-3020.....	31
Gambar 4.2 Halaman upgrade firmware.....	32
Gambar 4.3 Tampilan firmware Open WRT pada web browser	32
Gambar 4.4 Tampilan firmware Open WRT pada terminal putty	33
Gambar 4.5 Tampilan partition disk untuk media penyimpanan tambahan	33
Gambar 4.6 Tampilan kapasitas penyimpanan sebelum dan sesudah exroot	34
Gambar 4.7 Konfigurasi SIP Asterisk.....	34
Gambar 4.8 Konfigurasi extensions Asterisk	35
Gambar 4.9 Konfigurasi BATMAN–ADV wireless.....	35
Gambar 4.10 Konfigurasi BATMAN–ADV network.....	36
Gambar 4.11 Gambaran pengujian dengan menggunakan 1 node 2 client.....	36
Gambar 4.12 Pengaruh jumlah node terhadap througput pada kondisi LOS.....	44
Gambar 4.13 Pengaruh jumlah node terhadap delay pada kondisi LOS	44
Gambar 4.14 Pengaruh jumlah node terhadap packet loss pada kondisi LOS.....	45
Gambar 4.15 Pengaruh jumlah node terhadap througput pada kondisi NLOS.....	46
Gambar 4.16 Pengaruh jumlah node terhadap delay pada kondisi NLOS.....	47
Gambar 4.17 Pengaruh Jumlah hop terhadap Packet Loss pada kondisi NLOS .	48
Gambar 4.18 Pengaruh pergerakan node terhadap througput pada kondisi LOS	49

Gambar 4.19 Pengaruh pergerakan node terhadap Delay pada kondisi LOS	50
Gambar 4.20 Pengaruh pergerakan node terhadap packet loss pada kondisi LOS	50
Gambar 4.21 Pengaruh pergerakan node terhadap throughput pada kondisi NLOS	52
Gambar 4.22 Pengaruh pergerakan node terhadap delay pada kondisi NLOS	53
Gambar 4.23 Pengaruh pergerakan node terhadap packet loss pada kondisi NLOS	54
Gambar 4.24 Perbandingan throughput pada node diam dan bergerak pada kondisi LOS.....	56
Gambar 4.25 Perbandingan throughput pada node diam dan bergerak pada kondisi NLOS.....	56
Gambar 4.26 Perbandingan delay pada node diam dan bergerak pada kondisi LOS	57
Gambar 4.27 Perbandingan delay pada node diam dan bergerak pada kondisi NLOS.....	57
Gambar 4.28 Perbandingan packet loss pada node diam dan bergerak pada kondisi LOS.....	58
Gambar 4.29 Perbandingan packet loss pada node diam dan bergerak pada kondisi NLOS	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Router MR-3020.....	14
Tabel 2.2 Parameter Delay Berdasarkan ITU-T G.114.....	16
Tabel 2.3 Parameter Packet Loss Berdasarkan ITU-T G.114.....	17
Tabel 2.4 Parameter Nilai MOS Berdasarkan ITU-T P.800	18
Tabel 4.1 Hasil Kinerja VOIP Menggunakan 1 Node dan 2 Client.....	37
Tabel 4.2 Parameter Pengujian	37
Tabel 4.3 Hasil Kinerja VOIP pada Pengujian Luas Cakupan Area.....	38
Tabel 4.4 Kapasitas Pengguna Pernode	39
Tabel 4.5 Hasil Pengujian dengan Node Diam pada Kondisi LOS	40
Tabel 4.6 Hasil Pengujian dengan Node Diam pada Kondisi NLOS	40
Tabel 4.7 Pengujian dengan Node Bergerak pada Kondisi LOS	41
Tabel 4.8 Pengujian dengan Node Bergerak pada Kondisi NLOS	42

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR NOTASI

QOS	: Quality Of Service
MOS	: Mean Opinion Score
Id	: faktor penurunan kualitas yang disebabkan oleh pengaruh delay.
If	: faktor penurunan kualitas yang disebabkan oleh teknik kompresi dan packet loss yang terjadi
R	: faktor kualitas transmisi
d	: delay (mili second)
H	: fungsi heavyside dengan ketentuan :
e	: presentasi besarnya packet loss yang terjadi (dalam bentuk desimal)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan diuraikan beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari pembahasan sebelumnya dan saran mengenai masalah yang bisa dibahas sebagai kelanjutan dari penelitian ini.

5.1 Kesimpulan.

1. Implementasi routing protocol BATMAN dan wireless VOIP pada embedded system dapat berjalan dengan baik dengan komunikasi antar node yang ada di jaringan pada kondisi diam dan bergerak ditandai dengan dapatnya pengguna melakukan panggilan ke pengguna lain didalam satu jaringan.
2. Kapasitas pengguna dalam satu node bisa melayani sebanyak 11 pasang pengguna dengan kualitas layanan sudah memenuhi standar yang memiliki kualitas yang baik berdasarkan nilai MOS yang dirujuk menggunakan pendekatan matematis E-model berdasarkan standart ITU-T G107 yang juga dirujuk dengan standart ITU-T P800.
3. Maksimal jarak yang bisa dilayani dalam melakukan komunikasi pada kondisi horizontal LOS adalah 52 meter dan pada kondisi NLOS adalah 40 meter sedangkan pada kondisi vertikal LOS adalah 25 meter dan kondisi NLOS adalah 12 meter pancaran horizontal lebih jauh karena antenna yang digunakan lebih memfokuskan dayanya secara horizontal.
4. Pada pengujian dengan node diam dan bergerak menunjukkan bahwa dengan skenario yang dijalankan dalam kondisi LOS dan NLOS memiliki nilai packet loss, delay yang tergolong rendah dan memiliki nilai MOS rata-rata dengan kualitas baik dan memenuhi standar komunikasi pada ITU-T G114 dan standart ITU-T G107 yang juga dirujuk dengan standart ITU-T P800.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat diberikan beberapa saran yang berguna untuk pengembangan Aplikasi Wirelees VOIP dan Algoritma Routing BATMAN. Berikut ini adalah saran yang dapat diberikan :

1. Perlu dilakukan peningkatan scalability kapasitas panggilan pengguna agar kapasitas pengguna yang bisa dilayani bisa lebih banyak.
2. Perlu dilakukan optimasi untuk memperluas cakupan area agar layanan aplikasi VOIP bisa memiliki jangkauan yang lebih luas.
3. Perlu dikembangkan fitur dari segi keamanannya agar tidak seorangpun dapat masuk maupun menyadap komunikasi antar pengguna dengan maksud yang tidak diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi Wahab,Rizal Broer Bahaweres, mudrik alaydrus, Muhaemin, Riyanarto sarno(2013),”Performance Analysis of VOIP Client with Integrated Encryption”Communications, signal processing, and their Applications (ICCSPA).
- Adam, G., Kapoulas, V., Bouras, C., & Kioumourtzis, G. (2011). “Performance evaluation of routing protocols for multimedia transmission over mobile ad hoc networks ”,Wireless and Mobile Networking Conference IEEE , pp. 1 – 6.
- Asriadi, Istas Pratomo, Achmad Affandi, Djoko Suparajitno Rahardjo. (2015) “Open Voice: Low-Cost Mobile Wireless Communication Project For Rural Area Based On Open WRT”,International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications, hal.391-396.
- A. Neumann, M.Lindner, S.Wunderlich(2008),” Better Approach To Mobile Ad hoc Networking (B.A.T.M.A.N.)”, IETF *RFC* 2119.
- Azhar Hussain Mozumder, Tapodhir Acharjee and Sudipta Roy(2014),“ Scalability Performance Analysis of BATMAN and HWMP Protocols in Wireless Networks using NS-3,”Green Computing Communication and Electrical engineering IEEE.
- Anonymous. (n.d.). *Asterisk*. Retrieved mei 9, 2015, from <http://www.asterisk.org>
- Anonymous. (2014). Retrieved Mei 9 2015, From <Http://WWW.Openwrt.org>.
- Anonymous.(2012) tplink tl mr3020. Retrieved Mei 9 2015 From <Http://www.tplink.coid>
- Edi Kurnia. (2011). Okezone.com. Retrieved Juni 23, 2016, from Okezone.com: <http://techno.okezone.com/read/2011/09/27/54/507665/24-ribu-desa-di-indonesia-sudah-tersentuh-telekomunikasi>
- Eric Verhulst, Raymond T.Boute, Jose Miguel sampalo faria, Bernhard H.C.Sputh, Vitaliy Mezhuyev (2011)”Formal Developmen of a Network-Centrik RTOS for reliable embedded systems”Springer
- Garcia, Leon-,A. an Widjaja I., (2003), Coummunication Networks. McGraw-Hill: Singapore
- G.114, ITU-T. Retrieved Desember 10, 2014, from <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.114/en>
- F. Community, “Better Approach To Mobile Ad hoc Networking (B.A.T.M.A.N.)” [Online]. Available: <http://www.open-mesh.org/>

- ITU-T, "P.800 - Methods For Subjective Determination of Transmission Quality," 1996
- Jiaqi Xu, Lei Wang, Yongnan Li, Zhenquan Qin, and Ming Zhu, (2011) "An Experimental study of BATMAN performance in a campus Deployment of Wireless Mesh Networks, " International Conference on Mobile Ad hoc and sensor networks IEEE.
- Kirtikumar K.Patel and Dhadesugoor.R. Vaman.(2014)"A Novel Routing Tecnique For Mobile Ad Hoc Networks (MANET)"International Journal of Next-Generation Networks (IJNGN) Vol.6,No.1.
- Linus Lussing and Martin Hundeboll (2015),"Open-Mesh Batman –adv" <https://www.open-mesh.org/projects/open-mesh>
- Sheetal Sisodia and Sandeep Raghwanshi (2013),"Performance Evaluation of a Table Driven and On Demand Routing Protocol in energy Constraint MANETs"International Confrence on Computer Communication and Informatics (ICCCI).
- Wenbo Zhai and Jian Wang (2010),"An Application of VOIP Communication on Embedded System",International Confrence on Computer Application and System Modelling (ICCASM)
- Samrat Ganguly and Sudeept Bhatnagar (2008),"VOIP: Wireless, P2P and New Enterprise Voice Over IP",England ; Wiley
- Seto, K., & Ogunfunmi, T. (2013) ," Scalable Speech Coding for IP Networks: Beyond iLBC. Audio, Speech, and Language Processing", IEEE Transactions on , 2337 - 2345.

BIOGRAFI PENULIS



Mohamad Hariyadi, lahir di Gresik 18 Mei 1988, merupakan anak pertama dari 5 bersaudara dari pasangan Tariman dan Anisah. Memulai pendidikan formalnya di SDN 1 Bungah (1994-2000), kemudian meneruskan pendidikan di SMPN 1 Bungah (2000-2003), kemudian lulus pada tahun 2006 dari SMK Muhammadiyah 1 Gresik (2003-2006). Setelah itu, penulis diterima di jurusan Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknik Qomaruddin Gresik. Setelah mendapatkan gelar sarjana, penulis mengambil program magister di Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan jurusan Teknik Elektro bidang keahlian Telematika.

Penulis bisa dihubungi melalui email : hariyadi.mohamad@gmail.com.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi komunikasi telah berkembang dengan pesat. sudah menjadi kebutuhan primer yang sangat penting dalam menunjang aktifitas masyarakat, Khususnya perkembangan teknologi di Indonesia sehingga membuat layanan komunikasi semakin mudah, dengan dukungan layanan telekomunikasi yang semakin bervariasi hingga mampu menjelajah internet dengan kecepatan tinggi hal tersebut menjadikan nilai tambah bagi perkembangan telekomunikasi di Indonesia.

Pemanfaatan teknologi komunikasi di Indonesia pada umumnya masih menggunakan public switched telephone network atau PSTN yang masih memiliki kekurangan yaitu masih adanya kompensasi yang harus di bayar dimana semakin lama waktu yang digunakan untuk melakukan telepon maka semakin besar konpensasi yang harus di bayar.

Perkembangan teknologi wireless juga ikut mendorong berkembangnya teknologi telpon berbasis jaringan internet atau biasa disebut dengan voice over internet protocol atau VOIP dimana teknologi yang sedang berkembang ini bisa dijadikan solusi dari kekurangan telepon berbasis PSTN dimana teknologi VOIP hanya dibebankan pada biaya penggunaan data internet saja.

VOIP adalah suatu sistem yang menggunakan jaringan internet untuk mengirimkan data paket suara dari suatu tempat ke tempat lainnya menggunakan perantara internet protocol (IP) (Abdi Wahab dkk, 2013). Pengaplikasian VOIP pada awalnya melalui kabel dan internet namun dengan menggunakan MANET dapat membuat desain atau model komunikasi nirkabel dengan cara offline sehingga bisa diaplikasikan pada banyak hal. Untuk pengaplikasiannya bisa menggunakan perangkat embedded system. dengan menggunakan firmware Open source wireless Router atau Open WRT sebagai embedded systemnya karena firmware ini memiliki modul-modul yang bisa dimanfaatkan untuk menjalankan layanan wireless VOIP.

Routing protokol adalah sebuah proses untuk meneruskan paket-paket jaringan dari satu jaringan ke jaringan lainnya atau aturan yang menentukan router berkomunikasi antara node satu dengan yang lainnya dalam pengiriman paket data, yang memungkinkan untuk memilih rute pada jaringan (Kirtikumar K.Patel dkk, 2014).

Protokol routing pada jaringan ad hoc tentunya berbeda dengan protokol routing yang biasa diimplementasikan pada jaringan kabel ada dua tipe routing protocol yaitu Protokol reaktif (*On demand routing protocol*) dan protokol proaktif (*table driven Routing protokol*) pada protokol reaktif proses pencarian rute hanya dilakukan ketika node asal membutuhkan komunikasi dengan node tujuan berbeda dengan node proaktif pada node proaktif masing-masing node memiliki routing table yang lengkap. Artinya masing-masing node akan mengetahui node lain pada jaringan yang sama. Setiap node melakukan update table routing yang dimilikinya secara periodik sehingga perubahan topologi jaringan dapat diketahui setiap interval waktu tersebut (Sheetal Sisodia dkk, 2013).

Embedded system adalah suatu sistem yang tertanam dalam suatu perangkat dan memiliki peran sebagai core dalam fungsionalitas dan prilakunya. Peranya adalah untuk mengontrol dan menentukan perilaku. Namun, berbeda dengan sistem operasi pada PC yang tergolong general purpose, embedded system cenderung di desain untuk suatu perangkat tertentu dengan kemampuan yang spesifik (Wenbo Zhai dkk, 2010).

Perkembangan teknologi nirkabel juga telah membuka peluang munculnya teknologi jaringan mobile ad hoc (MANET) dengan adanya perangkat gadget seperti laptop, smartphone, dan perangkat portable lainnya khususnya pada aplikasi wireless VOIP berbasis embedded system dengan skema mobile mesh network menjadi bagian dari jaringan generasi berikutnya dengan memberikan fleksibilitas pada level pengiriman dan menerima, biaya peralatan yang rendah, dan biaya pemeliharaan yang murah (Asriadi dkk, 2015). Pada jaringan MANET atau mobile Ad hoc terdiri dari beberapa node dinamis yang bisa berkomunikasi dengan node lain melalui link nirkabel walaupun tanpa dukungan infrastruktur tetap (Kirtikumar K.Patel dkk, 2014).

Penggunaan media komunikasi berbasis Voice Over Internet Protocol atau VOIP masih belum banyak di gunakan khususnya pada desa tertinggal. Melihat pada kenyataanya masih banyak sekali wilayah atau daerah dengan desa tertinggal maupun daerah perbatasan yang belum tersentuh oleh infrastruktur komunikasi yang disediakan oleh pihak pemerintah maupun oleh pihak jasa layanan komunikasi swasta, yang berdampak pada sulitnya penduduk desa untuk berkembang. Berdasarkan data pada tahun 2011 terdapat 66.778 desa di Indonesia, dari jumlah tersebut baru sekitar 24.000 atau 36 % diantaranya yang sudah terjangkau layanan komunikasi (Eddy Kurnia, 2011). Masih besar presentase untuk desa yang belum terjangkau oleh layanan komunikasi yaitu sebesar 64% dari seluruh desa yang berada di indonesia yang di sebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah besarnya investasi yang akan di keluarkan untuk pembangunan infrastruktur layanan komunikasi yang tidak sebanding dengan pendapatan, wilayah yang sulit dijangkau, dan perlunya ketersediaan energi listrik yang besar untuk mendukung seluruh infrastruktur dan perangkat telekomunikasi yang di bangun pada desa tertinggal.

Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan solusi agar layanan komunikasi dapat berjalan pada daerah yang memiliki kebutuhan khusus seperti pada daerah desa tertinggal, oleh sebab itu melakukan implementasi teknologi wireless VOIP dengan memanfaatkan Mobile Ad hoc network sebagai topologi jaringannya dengan menggunakan protocol routing yang dinamis seperti BATMAN (Better Approach to mobile Ad hoc network) merupakan teknologi yang ideal jika di terapkan pada situasi dimana belum tersedianya infrastruktur komunikasi karena dengan menggunakan routing tersebut maka hanya perlu menggunakan node-nodenya untuk mengirimkan data ke tempat yang diinginkan. Keunggulan lainya dari implementasi aplikasi VOIP dan routing protokol ini adalah rendahnya biaya dalam pengembangannya dan implementasi pada waktu dan tempat yang berbeda.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah membangun sebuah wireless VOIP yang mampu di gunakan pada kondisi diam maupun bergerak dan bisa di akses secara mandiri dengan menggunakan algoritma routing better approach to mobile Ad hoc network serta mengetahui karakteristik dan kinerja dari wireless VOIP yang dibangun. Dengan menganalisis maksimal jangkauan dan kekuatan

daya pancar perangkat, kualitas suara, throughput, Delay dan packet loss dalam dua skenario multihop dengan menggunakan node diam dan node bergerak.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan bahwa belum tersedianya infrastruktur telekomunikasi yang menjangkau area desa terpencil atau rural area dan belum adanya real test terhadap implementasi aplikasi wireless VOIP dan routing protokol BATMAN pada perangkat embeded system dengan menggunakan router yang dapat di akses secara mandiri baik pada kondisi diam maupun bergerak.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian implementasi Wireless VoIP dan Better Approach to mobile Ad hoc network (BATMAN) pada rural area berbasis embedded system adalah sebagai berikut:

1. Perangkat keras yang digunakan sebagai node adalah TL-MR 3020 dengan frekuensi 2,4 Ghz.
2. Prototype ini menggunakan framework open WRT dan asterisk sebagai softswitchnya.
3. Softphone yang dipakai dalam pengukuran adalah aplikasi yang sudah tersedia di playstore.
4. Pengujian dan pengambilan data tidak benar-benar berada di daerah terpencil namun hanya simulasi seolah-olah berada pada daerah yang terpencil.
5. Pengujian di lakukan dengan menggunakan 4 node.

1.4 Tujuan

Tujuan utama dari penelitian ini adalah membangun sebuah wireless VOIP yang mampu di gunakan pada kondisi diam maupun bergerak dan bisa di akses secara mandiri dengan menggunakan algoritma routing better approach to mobile Ad hoc network (BATMAN) serta mengetahui karakteristik dan kinerja dari wireless VOIP yang dibangun.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian implementasi wireless VOIP dan Better Aproach to Mobile Ad hoc Network (BATMAN) pada rural area berbasis embedded system adalah sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi ilmiah untuk sistem telekomunikasi nirkabel dengan teknologi wireless VOIP sebagai solusi terhadap permasalahan infrastruktur telekomunikasi di daerah tertinggal dengan prototype yang di buat.
2. Memberikan pelayanan kepada masyarakat akan kebutuhan komunikasi yang dapat diakses secara mandiri

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran yang menyeluruh tentang tesis ini, berikut dijelaskan sistematika penulisan buku tesis ini secara garis besar :

BAB 1 : Pendahuluan

Pada Bab pendahuluan berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat serta metode yang digunakan dalam penelitian.

BAB 2 : Tinjauan Pustaka

Pada bagian tinjauan pustaka berisikan teori pendukung yaitu tentang pengertian VOIP, mobile Ad hoc, routing protokol, firmware, dan parameter kinerja jaringan dan hal lainnya yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan yang terdiri dari buku refrensi dan jurnal.

BAB 3 : Metode Penelitian

Pada bab ini berisi tahapan penelitian dengan cara melakukan perancangan meliputi penentuan hardware dan software yang digunakan, instalasi dan konfigurasi VOIP server, instalasi dan konfigurasi protokol routing, serta menentukan skenario pengujian.

BAB 4 : Implementasi dan Analisa

Pada bab ini dilakukan tahapan implementasi aplikasi wireless VOIP dan Better Approach to Mobile Ad hoc Network pada perangkat embedded system dengan melakukan pengujian terhadap skenario yang sudah di tentukan, dan langkah selanjutnya adalah melakukan analisa terhadap

hasil pengukuran yang diperoleh dari implementasi sesuai dengan skenario yang diujikan.

BAB 5 : Kesimpulan dan Saran

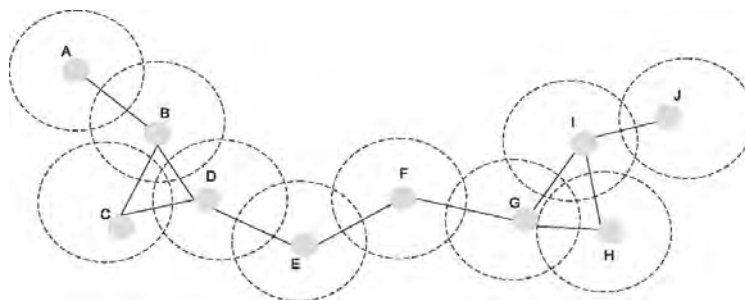
Pada bab ini berisi mengenai kesimpulan dan saran yang didapatkan dari hasil penelitian yang dilakukan. Dengan harapan dapat menjawab dari tujuan yang telah ditetapkan di awal penelitian dan saran diberikan untuk digunakan dalam penelitian selanjutnya.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Mobile Ad hoc Network

Mobile Ad Hoc Network (MANET) adalah jaringan yang terdiri dari beberapa wireless node yang dapat di *set-up* secara dinamis dimana saja dan kapan saja tanpa menggunakan infrastruktur jaringan yang ada. MANET juga merupakan jaringan yang dibentuk oleh beberapa *node* tanpa adanya node yang bertindak sebagai sentral, terdapat beberapa karakteristik dari MANET dijelaskan bahwa MANET terdiri dari mobile Platform (Seperti router dan perangkat wireless) atau biasa di sebut juga dengan “Node” yang bebas berpindah-pindah sehingga MANET sangat cocok diterapkan dimana tidak tersedianya infrastruktur komunikasi pada kondisi di daerah yang belum memiliki infrastruktur tetap, daerah terpencil, dan daerah pasca bencana, MANET juga bisa diaplikasikan di pesawat, kapal, mobil dan alat transportasi lainnya sehingga membuat MANET mudah untuk diterapkan di mana saja (Asriadi dkk, 2015).



Gambar 2.1 Ilustrasi jaringan mobile Ad hoc network

Pada gambar 2.1 diilustrasikan topologi jaringan mobile Ad hoc yang saling terhubung mulai dari node A sampai dengan Node H dimana pada jaringan ini memiliki sifat self configuration dimana node A akan terhubung dengan sendirinya ketika node tersebut memasuki coverage area jaringan mesh Ad hoc. Selain itu jaringan ini memiliki kemampuan self healing dimana kemampuan ini bisa mengatasi sering terjadinya resiko terputusnya link antar node dalam jaringan secara tiba-tiba dikarenakan node bergerak melebihi coverage area jaringan.

Dalam jaringan lain diperlukan adanya topologi jaringan tertentu sebagai jalur komunikasi antara host dan router pada suatu jaringan yang sudah ditentukan, berbeda dengan jaringan MANET yang cenderung tidak membutuhkan topologi yang spesifik hal ini dikarenakan pergerakan node pada jaringan MANET yang sangat bebas sehingga tiap node pada MANET seperti yang diperlihatkan Gambar 2.1 yang memiliki jangkauan sinyal tertentu sehingga komunikasi antar node satu dengan yang lainnya dengan jarak yang saling berjauhan dapat dilakukan dengan cara melewati jalur node penghubung yang berada di tengah posisi antara node yang saling berhubungan. Komunikasi antar node ini bisa juga dikatakan sebagai komunikasi antar router dan host pada jaringan. Faktor inilah yang kemudian menjadikan topologi yang dimiliki oleh MANET bersifat dinamis atau berubah-ubah (Adam, G dkk, 2011).

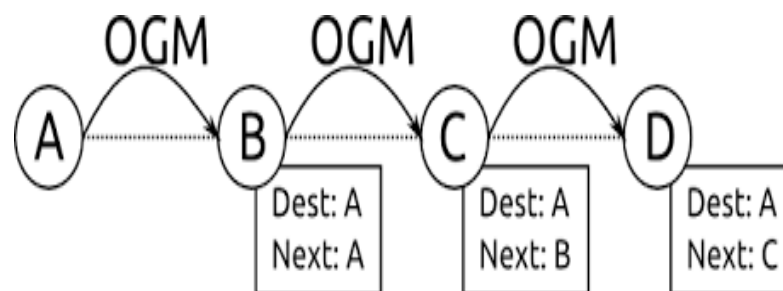
2.2 Routing Protokol

Routing Protokol adalah komunikasi antara router atau aturan yang menentukan bagai mana router berkomunikasi antara router satu dengan yang lainnya dengan cara menyebarkan informasi dan sharing informasi tentang jaringan dan koneksi antar router yang digunakan untuk membangun dan memperbaiki table routingnya yang memungkinkan router untuk memilih lintasan komunikasi pada jaringan komputer (Kirtikumar K.Patel dkk, 2014).

Pada Protokol Proaktif pada masing-masing node memiliki routing table yang lengkap, artinya semua node akan mengetahui node lain yang berada dalam satu jaringan (Garcia dkk, 2003). Setiap node akan melakukan update routing table yang dimilikinya secara periodic sehingga perubahan topologi jaringan dapat diketahui setiap interval waktu. Berikut contoh algoritma protokol proaktif Babel, Better Approach to Mobile Ad hoc Network (BATMAN), DSDV, Highly Dynamic Destination Sequenced Distance Vector routing protokol, Hierarchical State Routing Protocol (HSR), intrazone Routing Protocol (IARP), Linked Cluster Architecture (LCA), Witness Aided Routing (WAR) dan Optimized Link State Routing Protocol (OLSR).

2.3 BATMAN ADV

BATMAN adalah protokol routing proaktif untuk Wireless Ad - hoc Mesh Networks, termasuk Jaringan Mobile Ad hoc (MANET) . Protokol proaktif menangani informasi mengenai Keberadaan semua node dalam mesh yang dapat diakses melalui single hop atau multi hop link komunikasi. Strategi BATMAN adalah untuk menentukan setiap tujuan di jala satu single- hop tetangga, yang dapat dimanfaatkan sebagai pintu gerbang terbaik untuk berkomunikasi dengan node tujuan (A. Neumann dkk, 2008).



Gambar 2.2 Originator messsage (A. Neumann dkk, 2008).

Protokol proaktif ini sedang dikembangkan oleh “Freifunk” (Linus Lussing dkk, 2015) Pengetahuan dalam sesentralisasi BATMAN memiliki pembaharuan tentang rute dengan kata lain, node tunggal tidak memiliki tabel routing untuk seluruh jaringan. Sebaliknya, setiap node menentukan satu singlehop tetangga untuk setiap tujuan dalam mesh, yang dapat dimanfaatkan sebagai pintu gerbang terbaik untuk berkomunikasi dengan node tujuan. Dengan demikian, sangat cepat dan efisien skema routing yang dikembangkan, menciptakan jaringan kecerdasan kolektif, dan memungkinkan pemakaian CPU rendah sehingga konsumsi baterai menjadi lebih berkurang atau lebih hemat dalam pemakaian untuk setiap node , keberadaan Protokol memastikan bahwa rute hanya terdiri dari link dua arah. Secara teratur setiap simpul mengirimkan pesan originator atau OGM, sehingga menginformasikan link tetanga tentang keberadaannya dan link tetangga akan menyampaikan pesan dengan cara broadcasting (A. Neumann dkk, 2008).

BATMAN ADV merupakan implementasi dari BATMAN protokol routing dalam bentuk model kernel linux yang memungkinkan penggunaannya mengimplementasikan pada jaringan MANET, BATMAN ADV juga dirancang untuk memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan dari penggunaan routing Protokol BATMAN pada jaringan MANET (Linus Lussing dkk, 2015).

2.4 Voice Over Internet Protocol

Voice over internet protocol adalah teknologi transmisi yang memungkinkan untuk melewatkan trafik suara, video dan data yang berbentuk paket melalui jaringan IP (Samrat Ganguly dkk, 2008). Teknologi VOIP merupakan teknologi komunikasi telepon melalui jaringan yang saling terhubung. VOIP menjadi salah satu teknologi paling populer dan diprediksikan untuk menjadi komunikasi masa depan

Tetapi teknologi VOIP juga memiliki kekurangan yaitu mengenai permasalahan kualitas karena kualitas merupakan permasalahan yang cukup besar pada teknologi ini, oleh karena itu International Telecommunication Unio (ITU) telah mengeluarkan batasan-batasan Quality Of Service (QOS) yang direkomendasikan untuk setiap Implementasi VOIP pada berbagai aplikasi.

2.4.1 Signaling Protokol

SIP adalah suatu *signalling* protocol pada layer aplikasi yang berfungsi untuk membangun, memodifikasi, dan mengakhiri suatu sesi *multimedia* yang melibatkan satu atau beberapa pengguna. (Samrat Ganguly dkk, 2008) Sesi multimedia adalah pertukaran data antar pengguna yang bisa meliputi suara, video, dan text. SIP tidak menyediakan layanan secara langsung , tetapi menyediakan pondasi yang dapat digunakan oleh protokol aplikasi lainnya untuk memberikan layanan yang lebih lengkap bagi pengguna, misalnya dengan RTP (*Real Time Transport Protocol*) untuk transfer data secara *real-time*, dengan SDP (*Session Description Protocol*) untuk mendiskripsikan sesi multimedia, dengan MEGACO (*Media Gateway Control Protocol*) untuk komunikasi dengan PSTN (*Public Switch Telephone Network*).

Meskipun demikian, fungsi dan operasi dasar SIP tidak tergantung pada protokol tersebut. SIP juga tidak tergantung pada protokol *layer transport* yang digunakan.

Pembangunan suatu komunikasi multimedia dengan SIP dilakukan melalui beberapa tahap :

1. *User Location* adalah menentukan lokasi pengguna yang akan berkomunikasi.
2. *User Availability* adalah menentukan tingkat keinginan pihak yang dipanggil untuk terlibat dalam komunikasi.
3. *User Capability* adalah menentukan media maupun parameter yang berhubungan dengan media yang digunakan untuk komunikasi.
4. *Session Setup* adalah pembentukan hubungan antara pihak pemanggil dengan pihak yang dipanggil.
5. *Session management* yaitu meliputi transfer, modifikasi, dan pemutusan sesi.

Secara garis besar SIP merupakan protokol yang digunakan untuk membangun, memodifikasi, dan mengakhiri suatu sesi.

2.4.2 Coder Decoder (Codec)

Codec adalah kependekan dari coder decoder yang berfungsi mengubah signal audio ke bentuk data digital untuk ditransmisikan kemudian dikembalikan lagi ke bentuk signal audio seperti data yang dikirim. Codec berfungsi untuk penghematan bandwidth di jaringan.

Agar dapat melewati jalur Packet Switch dengan baik, VOIP membutuhkan proses coder dan decoder. Proses ini mengkonversi sinyal audio menjadi data digital yang dipadatkan (kompresi) untuk kemudian dikirim lewat jalur internet. Di titik lain, data dikembangkan lagi (dekompresi), dan diubah menjadi sinyal analog .

Codec juga bekerja menggunakan algoritma tertentu untuk membantunya memecah, mengurutkan, mengkompresi, dan merakit ulang audio data yang ditransmisikan (Seto, K dkk, 2013). Salah satu algoritma yang populer digunakan dalam teknologi VOIP adalah CS-ACELP (Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear Prediction). Berikut adalah beberapa jenis codec yang biasanya digunakan pada aplikasi VOIP dapat di lihat pada gambar 2.3.

Codec	Bitrate (kb/s)	Frame (ms)	Bits per frame	Algorithmic delay ^a (ms)	Codec delay ^b (ms)	Compression type	Complexity (MIPS) ^c	MOS
<i>Narrowband codecs</i>								
G.711	64	0.125	8	0.125	0.25	PCM	≤1	4.1 ^d
G.723.1	6.3	30	189	37.5	67.5	MP-MLQ	≤18	3.8
G.723.1	5.3	30	159	37.5	67.5	ACELP	≤18	3.6
G.726	16	0.125	2	0.125	0.25	ADPCM	≈1	–
G.726	24	0.125	3	0.125	0.25	ADPCM	≈1	3.5
G.726	32	0.125	4	0.125	0.25	ADPCM	≈1	4.1
G.728	16	0.625	10	0.625	1.25	LD-CELP	≈30	3.61
G.729	8	10	80	15	25	CS-ACELP	≤20	3.92
G.729A	8	10	80	15	25	CS-ACELP	≤11	3.7
G.729D	6.4	10	64	15	25	CS-ACELP	<20	3.8
G.729E	11.8	10	118	15	25	CS-ACELP LPC	<30	4
GSM-FR	13	20	260	20	40	RPE-LTP	≈4.5	3.6
GSM-HR	5.6	20	112	24.4	44.4	VSELP	≈30	3.5
GSM-EFR	12.2	20	244	20	40	ACELP	≈20	4.1
AMR-NB	4.75–12.2	20	95–244	25	45	ACELP	15–20	3.5–4.1
iLBC	13.33	30	400	40	60	LPC	18	3.8
iLBC	15.2	20	304	25	40	LPC	15	3.9
Speex (NB)	2.15–24.5	20	43–492	30	50	CELP	8–25	2.8–4.2
BV16	16	5	80	5	10	TSNFC	12	4
<i>Broadband codecs</i>								
G.722	48, 56, 64	0.0625	3–4	1.5	1.5625	SB-ADPCM	5	~4.1
G.722.1	24, 32	20	480, 640	40	60	MLT	<15	~4
AMR-WB (G.722.2)	6.6–23.85	20	132–477	25	45	ACELP	≈38	Various
Speex (WB)	4–44.2	20	80–884	34	50	CELP	8–25	Various
iSAC	Variable	Adaptive	Adaptive-variable	Frame + 3 ms	Adaptive	Transform coding	6–10	Various ^e
BV32	32	5	160	5	10	TSNFC	17.5	~4.1

Gambar 2.3 Jenis-jenis Codec

Jenis Codec yang akan digunakan pada penelitian ini adalah Codec G711 Merupakan codec standar dari VOIP untuk kompresi audio yang ditetapkan oleh ITU-T G114. mempunyai kinerja yang sangat baik.

Karena G.711 merupakan jenis pengkodean suara yang melakukan pengompresian paket suara dengan teknik PCM (Pulse Code Modulation). Codec ini menggunakan sampel sebanyak 8000 kali/detik dengan bit rate 8 bit/detik sehingga menghasilkan laju rate sebesar 64.000 bit/detik. PCM mengkonversi sinyal analog ke bentuk digital dengan melakukan sampling sinyal analog tersebut 8000 kali per detik dan dikodekan dalam angka. Jarak antar sampel adalah 125 μ s. sinyal analog pada suatu percakapan diasumsikan berfrekuensi 300 Hz – 3400 Hz. Sinyal tersampel lalu dikonversikan ke bentuk diskrit. Sinyal diskrit ini direpresentasikan dengan kode yang disesuaikan dengan amplitude dari sinyal sampel. Format PCM menggunakan 8 bit untuk pengkodeannya. Laju transmisi diperoleh dengan mengalikan 8000 sampel per detik dengan 8 bit per sampel, menghasilkan 64.000 bit per detik. Bit rate 64 Kbps ini merupakan standar transmisi untuk suatu kanal telepon digital.

2.4.3 SoftPhone

Softphone adalah sebuah software yang di gunakan untuk kebutuhan komunikasi. Softphone memiliki jenis yang beragam baik dari kemampuan dan lisensi. Saat ini banyak Softphone yang disebarakan dengan lisensi gratis. Bahkan ada yang menyediakan lisensi software gratis sekaligus layanan jaringan VOIP - nya. SkyPe salah satu penyedia Softphone cuma-cuma, sekaligus layanan PC-to-PC call. SoftPhone Skype ini hanya bisa bekerja di jaringan milik Skype. Jika ingin merancang atau membangun wireless VOIP dengan jaringan sendiri harus menggunakan softphone lain, banyak jenis softphone yang bisa di gunakan diantaranya adalah X-lite dan Zoiper.

2.5 Embedded System

Emedded System adalah suatu sistem yang tertanam dalam suatu perangkat dan memiliki peran sebagai core dalam fungsionalitas dan prilakunya. Peranya adalah untuk mengontrol dan menentukan perilaku. Namun, berbeda dengan sistem operasi pada PC yang tergolong general purpose, embedded system cenderung di desain untuk suatu perangkat tertentu dengan kemampuan yang spesifik.

Sistem embedded juga merupakan computing device yang didesain dengan tujuan tertentu secara spesifik untuk melakukan fungsi tertentu. Sistem embedded terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras meliputi mikroprosesor atau mikrokontroler dengan penambahan memori eksternal, I/O dan komponen lainnya seperti sensor, keypad, LED, LCD, dan berbagai macam aktuator lainnya. Perangkat lunak embedded merupakan penggerak pada sistem embedded. Sebagian besar perangkat lunak sistem embedded real time memiliki program aplikasi yang spesifik yang didukung oleh Real Time Operating System (RTOS). Perangkat lunak embedded biasanya disebut firmware karena perangkat lunak tipe ini dimuat ke ROM, EPROM atau memory Flash. Sekali program dimasukkan kedalam perangkat keras maka tidak akan pernah berubah kecuali diprogram ulang (Eric Verhulst dkk, 2011).

Router adalah sebuah alat yang mengirimkan paket data melalui sebuah jaringan atau Internet menuju tujuannya, melalui sebuah proses yang dikenal sebagai routing. Routing juga bisa dimodifikasi dalam arti sederhana firmware sama juga dengan operating system. Firmware bawaan pada router. yang akan di ubah menjadi OpenWRT. Kenapa dengan OpenWRT karena OpenWRT adalah sebuah firmware open source untuk router. OpenWRT adalah firmware berbasis linux, sehingga memiliki keunggulan-keunggulan yang ditawarkan linux. OpenWRT juga memungkinkan untuk dimodifikasi secara leluasa dibanding firmware bawaan. Keuntungan yang didapatkan antara lain, konfigurasi port secara leluasa, jangkauan transmisi bisa lebih luas, bisa difungsikan sebagai server dll. Berikut spesifikasi dari router yang akan digunakan sebagai perangkat server dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Router MR-3020

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Arsitektur	MIPS 24Kc V7.4
2	Vendor	Atheros
3	Bootloader	U-boot 1.1.3
4	System-On-Chip	Atheros AR9331
5	CPU Speed	400MHz
6	RAM Memory	64 MiB SDRAM
7	Flash Memory	16 MiB
8	Flash Chip	Windbond W9425G6JH
9	Wired Network	2x Ethernet 100 Mbps (switched)
10	Wireless Chip	Atheros AR9331 1x1:2
11	Wireless Antennas	2x printed on-board
12	USB	1 x USB 2.0 host
13	Serial Port	Yes (TTL pins)

2.6 Firmware System

OpenWRT merupakan program *firmware* berbasis sistem operasi Linux yang digunakan dalam suatu *embedded device* seperti *wireless router*. Dikembangkan pertama kali pada tahun 2004 oleh tim proyek OpenWRT yang terbentuk dalam rangka mengembangkan sebuah *third-party firmware* yang jumlahnya masih sangat terbatas pada saat itu (Openwrt.Org) Pada awalnya OpenWRT diciptakan hanya untuk mendukung *wireless router* Linksys WRT54G *series*, namun pada perkembangannya OpenWRT dapat pula digunakan untuk mendukung *wireless router* dari hasil manufaktur yang lain seperti ASUS, D-Link, DELL dan lain-lain. Perkembangan OpenWRT sangat dipengaruhi akan kemudahannya dalam memodifikasi fitur-fitur tambahan diluar fitur-fitur yang telah disediakan oleh pihak manufaktur agar dapat digunakan sesuai dengan keperluan tertentu dari para pengguna. Hal ini dapat terjadi karena OpenWRT bersifat *opensource* karena dibuat berdasarkan GNU *General Public License*/Linux, sehingga setiap perubahan yang dibuat oleh pihak manufaktur harus didaftarkan dan dirilis melalui lisensi GPL. Berdasarkan sifat *opensource* ini pula maka para pengguna dapat dengan bebas memodifikasi ataupun menambahkan fitur-fitur lain pada *router* sesuai dengan kebutuhan. Tidak seperti *firmware* bawaan dari *wireless router* yang merangkum semua fitur dalam satu *firmware*, OpenWRT hanya menyediakan konfigurasi minimal namun dengan kemampuan untuk mendukung paket-paket fitur tambahan. Bagi para pengguna ini berarti penghematan ruang, karena paket-paket fitur yang tidak diperlukan dapat dihilangkan. OpenWRT menggunakan sistem *ipkg* seperti yang terdapat pada *distro* Linux Debian untuk mengatur paket-paket fitur tersebut.

2.7 VOIP Server

VOIP Server adalah bagian utama dalam jaringan VOIP yang dibutuhkan untuk dapat menghubungkan banyak titik komunikasi server. Perangkat ini dapat digunakan untuk mendefinisikan jalur dan aturan antar terminal. Selain itu VOIP server juga bisa menyediakan layanan-layanan yang biasa ada di perangkat PBX (Private Branch Exchange), voice mail, Interactive Voice Response (IVR), dan

lain-lain. Beberapa jenis SoftSwitch juga menyediakan fasilitas tambahan untuk dapat berkomunikasi dengan SoftSwitch lain di internet. dalam penelitian ini akan digunakan Asterisk sebagai aplikasi server VOIPnya.

Asterisk adalah software implementasi dari telepon private branch exchange (PBX) yang memungkinkan untuk melakukan panggilan ke satu sama lain, dan untuk terhubung ke layanan telepon lainnya, seperti layanan public switched telephone network (PSTN) dan Voice Over Internet Protocol (VOIP)

2.8 Parameter Kinerja Jaringan

Kinerja jaringan diukur dengan parameter quality of service (QOS) ada beberapa parameter yang dapat digunakan untuk mengukur kinerja jaringan antara lain :

A. Throughput

Throughput adalah kecepatan data aktual persatuan waktu bisa disebut sebagai bandwidth dalam kondisi yang sebenarnya. Bandwith lebih bersifat tetap, sementara trhoughtput sifatnya dinamis tergantung trafik yang sedang terjadi. Throughput mempunyai satuan Bps (Bits per second). Rumus untuk menghitung Thougput adalah :

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Ukuran data yang diterima}}{\text{Waktu pengiriman data}} \quad (1)$$

B. Delay

Delay adalah jeda waktu antara paket pertama dikirim dengan paket tersebut diterima, dimana untuk kualitas delay dikatakan baik apabila waktu tundanya hanya sekitar 0-150 ms. Berikut parameter delay berdasarkan ITU-T G 144 dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Parameter Delay Berdasarkan ITU-T G.114

Nilai Delay	Kualitas
0-150 ms	Baik
150-400 ms	Cukup, masih dapat diterima
>400 ms	Buruk, tidak dapat diterima

C. Packet Loss

Pakcket Loss adalah banyaknya jumlah paket yang hilang selama proses pengiriman paket dari node asal ke node tujuan dan di ukur dalam packet loss ratio pengukuran packet loss ini digunakan sebagai bahan analisa jaringan pada komunikasi data secara realtime. Protocol UDP tidak dapat menjamin sebuah packet data dapat diterima oleh node tujuan dengan baik berbeda dengan pengiriman packet data menggunakan protokol TCP yang proses pengiriman datanya melalui proses *three-way – handshaking*. Dengan demikian perlu dipastikan kualitas sebuah jaringan untuk komunikasi data real time yang disebut sebagai quality of serviceatau QOS untuk menghitung packet loss dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Packet Loss} = \left(\frac{\text{Total Packet Loss}}{\text{Total Paket yang dikirim}} \right) \times 100\% \quad (2)$$

berikut parameter Packet Loss berdasarkan ITU-T G 114 dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Parameter Packet Loss Berdasarkan ITU-T G.114

Packet Loss	Kualitas
0-0,5 %	Sangat baik
0,5-1,5 %	Baik
>1,5 %	Buruk

D. Mean Opinion Score (MOS)

Mean Opinion Score atau MOS adalah parameter non teknis yang menunjukkan penilaian terhadap kualitas layanan, baik itu suara ataupun video. Metode penilaian dengan MOS sesuai standar ITU-T P.800 lebih bersifat subyektif karena berdasarkan pendapat dari perseorangan yang mengikuti serangkaian test berupa conversation opinion test dan listening test. Penilaian

dengan metode ini direpresentasikan dari angka 1-5 mulai dari kualitas buruk sampai bagus sekali seperti di tunjukkan pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Parameter Nilai MOS Berdasarkan ITU-T P.800

Nilai MOS	Opini
5	Sangat Baik
4	Baik
3	Cukup Baik
2	Tidak Baik
1	Buruk

Namun metode tersebut dirasakan kurang efektif dalam mengestimasi kualitas layanan VOIP dikarenakan tidak terdapatnya nilai tetap atau standar untuk parameter yang berpengaruh terhadap kualitas layanan serta dibutuhkan banyak pendapat untuk mengestimasi nilai MOS tersebut. Oleh karenanya, ITU membuat sebuah pendekatan matematis yang disebut E-Model ITU-T G.107 Sebagai penetapan nilai MOSnya.

Dimana dengan metode ini digunakan pendekatan secara matematis. Parameter-parameter yang digunakan adalah faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan kualitas suara dalam jaringan VOIP diantaranya adalah delay dan packet loss. Nilai akhir estimasi E-Model ini disebut dengan R faktor. R faktor didefinisikan sebagai faktor kualitas transmisi yang dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti signal to noise ratio, codec dan decoder, packet loss, dan delay. R faktor didefinisikan sebagai berikut :

$$R = 94.2 - I_d - I_f \quad (3)$$

Keterangan:

I_d : faktor penurunan kualitas yang disebabkan oleh pengaruh delay.

I_f : faktor penurunan kualitas yang disebabkan oleh teknik kompresi dan packet loss yang terjadi

Untuk mencari nilai I_d ditentukan oleh persamaan berikut :

$$I_d = 0.11(d - 177.33) H(d - 177.3) - 0.024d \quad (4)$$

Sedangkan untuk mencari nilai If ditentukan oleh persamaan dibawah ini :

$$I_f = 30 \ln(1+15e) \quad (5)$$

Maka secara umum persamaan estimasi faktor R menjadi :

$$R = 94.2 - 0.11 * (d - 177.3) * H(d - 177.3) - 0.024 * d - 30 * \ln(1 + 15 * e) \quad (6)$$

Keterangan :

R : faktor kualitas transmisi

d : delay (mili second)

H : fungsi heavyside dengan ketentuan :

$$H(x) = 0, \text{ jika } x < 0 \text{ dan } H(x) = 1, \text{ jika } x = 0 \quad (7)$$

e : presentasi besarnya packet loss yang terjadi (dalam bentuk desimal)

Fungsi heavyside ini ditentukan dengan menggunakan rumusan :

$$H(x) = \frac{1}{2} (1 + \text{sign}(x)) \quad (8)$$

Untuk mengubah estimasi dari nilai R faktor kedalam MOS (ITU-T P.800) terdapat ketentuan sebagai berikut :

1. untuk $R < 0$ maka MOS = 1 kondisi ini menerangkan apabila delay total yang dihasilkan sangat besar dan hal tersebut membuat buruk pada kualitas VOIP dan tidak diperkenankan untuk di aplikasikan bahkan mulai dari $R < 50$.
2. Untuk $R > 100$ maka MOS = 4.5 persamaan ini untuk menerangkan kualitas yang paling bagus dari VOIP itu sendiri karena prinsipnya nilai R maksimum hanya 94.2.
3. Dan untuk $0 < R < 100$ maka $MOS = 1 + 0.035R + 7 \times 10^{-6} R(R - MIN_R)$

2.9 Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian sebelumnya juga telah membahas algoritma routing yang sama antara lain adalah jaringan mesh mobile dan penggunaan algoritma routing BATMAN tapi masih dalam tahap simulasi dan belum terealisasi pada perangkat nyata yaitu penelitian yang membahas mengenai algoritma routing BATMAN dengan menggunakan software network simulator atau NS3 dengan melakukan analisa skalabilitas kinerja dari kinerja routing BATMAN dan HWMP

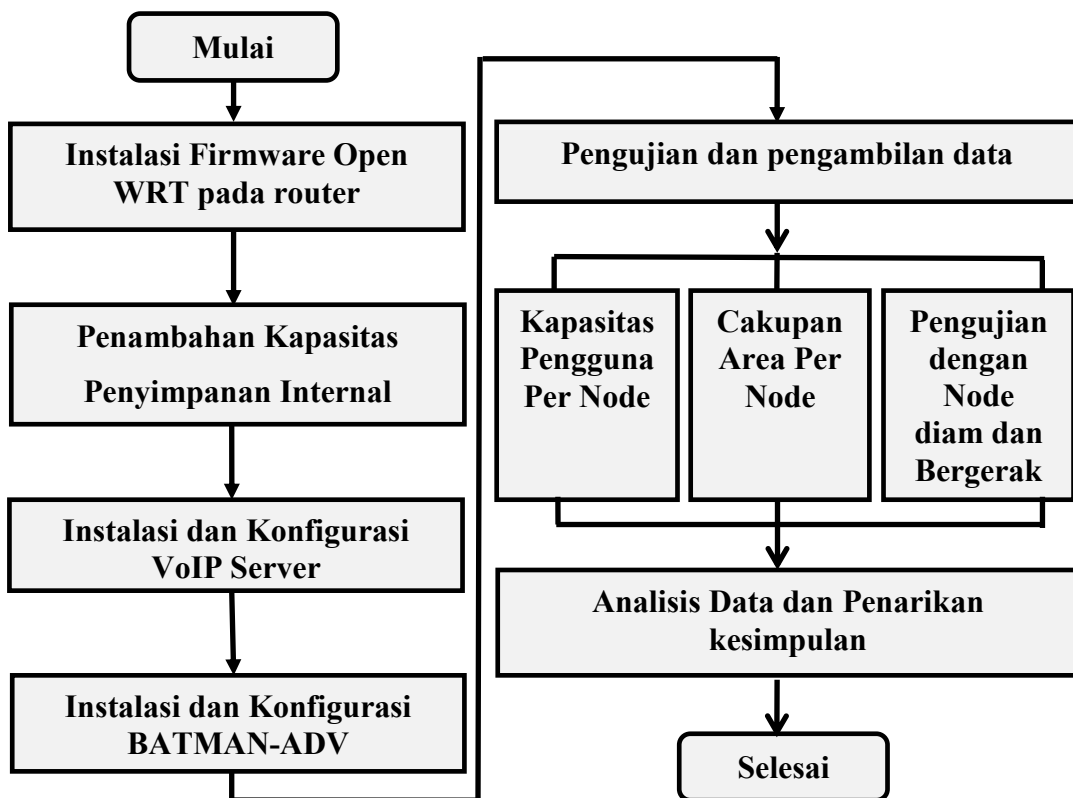
dengan mempertimbangkan rasio pengiriman (PDR), throughput, dan delay dimana pada penelitian tersebut diperoleh kesimpulan bahwa algoritma routing BATMAN memiliki nilai packet loss yang rendah dibandingkan dengan HWMP (Azhar Hussain Mozumder dkk, 2014). Penelitian lainnya adalah penelitian mengenai algoritma routing BATMAN yang diaplikasikan pada sebuah kampus dengan menggunakan skenario 9 node yang dipasang membentuk wireless mesh network yang dapat menjangkau seluruh area kampus dengan menggunakan kamera hikvision ip dan antena omnidirectional dengan melakukan penelitian mengenai jumlah transmisi maksimum (Jiaqi Xu dkk, 2011). Sedangkan penelitian yang penulis usulkan membahas mengenai implementasi aplikasi wireless VOIP dengan menggunakan protokol routing BATMAN pada perangkat embeded system dan mengetahui hasil kinerja dari perangkat tersebut meliputi luas cakupan area, maksimal kapasitas pengguna, pengujian dalam kondisi LOS dan NLOS pada keadaan statis dan bergerak.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan konfigurasi sebuah firmware atau sistem operasi khusus atau embedded system sebagai framework untuk mengimplementasikan Wirelees VOIP berbasis embeded system serta melakukan studi pengukuran dan berdasarkan analisa unjuk kerja sistem. Tahapan dari penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1:

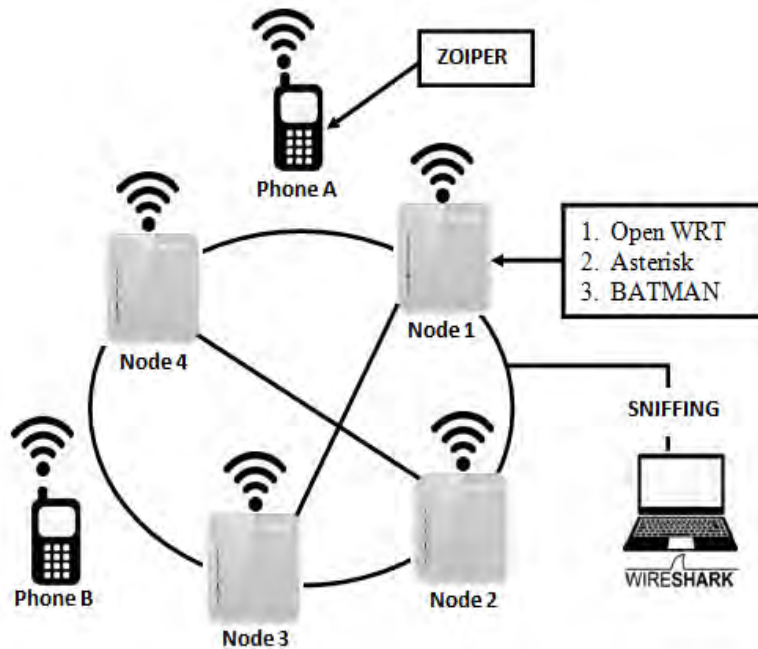


Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Gambaran Umum Sistem

Pada penelitian ini akan dirancang suatu sistem yang dibuat menggunakan firmware open Voice berbasis Open WRT sebagai frameworknya, asterisk sebagai softswitchnya yang digunakan dalam membuat SIP server (Session Initiation Protokol) yang melayani layanan suara dan BATMAN sebagai

routing Protokolnya yang akan di implementasikan pada aplikasi wireless VOIP dengan cara mengkonfigurasi pada node - node sehingga bisa digunakan untuk berkomunikasi sedangkan untuk link aksesnya menggunakan 2,4 GHz ISM band agar bisa diakses oleh ponsel karena pada ponsel pengguna nantinya akan di install aplikasi softphone yang berbasis android dan untuk arsitektur jaringan pada saat implementasi dapat di ilustrasikan seperti pada gambar 3.2 :



Gambar 3.2 Arsitektur jaringan open voice

Pada gambar 3.2 dapat dilihat ilustrasi arsitektur jaringan open voice yang akan diimplementasikan dengan cara melakukan instalasi dan konfigurasi OpenWRT, Asterisk, dan Routing BATMAN pada node 1 atau server sedangkan untuk node lainya hanya dilakukan insatallasi dan konfigurasi Open WRT dan routing BATMAN saja. Untuk mengakses VOIP server tersebut dibutuhkan sebuah aplikasi softphone yang nantinya akan di gunakan disini user yaitu dengan menggunakan aplikasi berbasis android yang bisa di download secara gratis di playstore yaitu Zoiper dan untuk melakukan monitoring jaringan digunakan aplikasi Wireshark yang digunakan untuk melakukan sniffing atau monitoring pada jaringan.

3.3 Instalasi Firmware pada Router

Pada tahapan ini akan dilakukan pemasangan firmware Open WRT ke dalam device router MR-3020 yang disiapkan untuk aplikasi VOIP dikarenakan firmware bawaan dari router tersebut tidak bisa di gunakan sebagai platform untuk VOIP server sehingga perlu di ubah menjadi firmware Open WRT sehingga router tersebut bisa berfungsi layaknya sebuah komputer yang bisa menjadi platform untuk sebuah aplikasi wireless VOIP dan memiliki kemampuan sebagai server VOIP yang bisa memberikan layanan komunikasi.

3.4 Konfigurasi OpenVoice Sistem

Pada tahapan ini akan dilakukan konfigurasi pada open voice system dengan melakukan penambahan kapasitas media penyimpanan, melakukan instalasi asterisk dan melakukan instalasi routing BATMAN.

3.4.1 Penambahan Kapasitas Media Penyimpanan Internal

Pada tahapan ini akan dilakukan penambahan kapsitas media penyimpanan internal atau lebih dikenal dengan istilah Exroot yang akan di konfigurasi pada router untuk menambahkan internal storage pada router yang sudah terinstall OpenWRT dengan memanfaatkan port USB yang ada pada sebuah router. Hal tersebut dilakukan untuk merubah fungsi dari router itu sendiri menjadi sebuah komputer mini dan sebagai server dari aplikasi VOIP yang memerlukan media penyimpanan minimal 300 Mb sedangkan media penyimpanan internal yang dimiliki oleh perangkat router hanya 16 Mb sehingga perlu ditambahkan media penyimpanan Internal dengan menambahkan flashdisk untuk media penyimpanannya.

3.4.2 Konfigurasi VOIP Server

Pada tahapan ini akan dilakukan konfigurasi VOIP Server dengan menggunakan asterisk yang di gunakan sebagai SIP server. Hal tersebut perlu dilakukan karena untuk membuat layanan komunikasi VOIP perlu dilakukan konfigurasi untuk membuat akun dari client yang nantinya akan mengakses

aplikasi VOIP server, sehingga layanan komunikasi bisa digunakan oleh beberapa client berdasarkan akun yang sudah di konfigurasi pada aplikasi tersebut. Untuk VOIP server yang digunakan dalam implementasi kali ini adalah asterisk yang support dengan firmware atau platform yang digunakan yaitu Open WRT. Berikut tahapan yang perlu dilakukan dalam konfigurasi asterisk :

- a. Melakukan instalasi Asterisk18 pada Open WRT dengan perintah `OPKG install asterisk18` tunggu sampai proses instalasi selesai.
- b. Melakukan konfigurasi pada 2 file asterisk dengan menggunakan winscp dengan cara mengkonfigurasi sip conf yang berisi konfigurasi akun pengguna meliputi nomor, password, codec yang dipakai dan file selanjutnya yang perlu dikonfigurasi adalah `extension.conf`. yang merupakan file yang berisi aturan routing panggilan yang terjadi jika asterisk akan melayani pengguna.

3.4.3 Konfigurasi BATMAN Routing Protokol

Pada tahapan ini akan dilakukan instalasi dan konfigurasi BATMAN ADV routing protokol yang digunakan sebagai protokol utama untuk menghubungkan dan mengatur semua node. Setelah proses instalasi BATMAN ADV selesai tahapan selanjutnya yaitu melakukan penambahan interface dan melakukan konfigurasi pada interface tersebut. Penggunaan routing BATMAN menjadi pilihan karena kemampuannya yang bisa di akses secara bergerak sehingga cocok digunakan dalam jaringan MANET yang belum memiliki infrastruktur jaringan komunikasi tetap sehingga nanti pada implementasinya diharapkan dengan mengimplementasikan algoritma routing BATMAN ini client bisa melakukan komunikasi secara bergerak baik disisi client maupun dengan node yang bergerak.

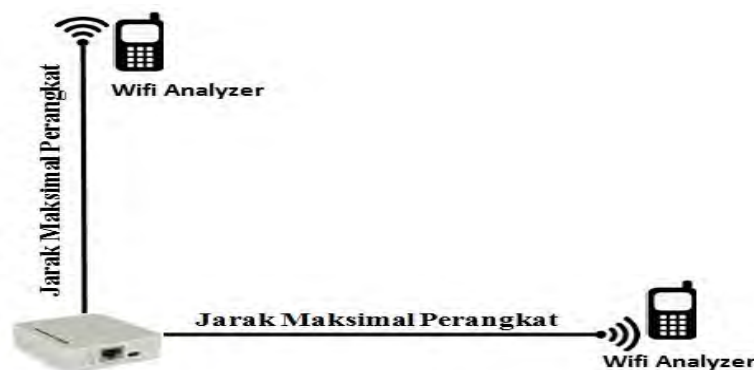
3.5 Skenario Pengujian Sistem

Setelah sistem selesai di bangun tahap selanjutnya adalah dengan melakukan pengujian sistem dengan beberapa skenario yaitu pengujian cakupan area pernode pada kondisi Line of sight dan Non-Line of sight, kapasitas

pengguna per node. Pengujian dengan multihop skenario dan pengujian dengan Client yang bergerak. Dan pada tahapan pengujian ini nantinya akan di gunakan aplikasi wireshark sebagai analisis sistem untuk mengetahui kinerja perangkat yang digunakan pada berbagai skenario pengujian yang sudah di tentukan.

3.5.1 Cakupan Area Per Node pada kondisi LOS dan NLOS

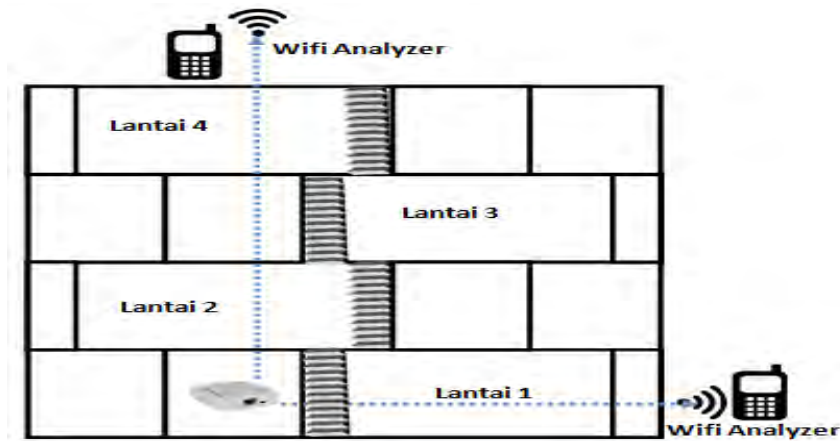
Pada tahapan ini akan dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah di buat dengan cara melakukan pengujian untuk mengetahui luas cakupan area maksimal dan signal yang didapat pada perangkat router yang sudah dimodifikasi secara vertikal maupun horizontal dan pengujian dilakukan secara real time pada kondisi line of sight dan non line of sight mengingat kondisi pada area pedesaan meliputi tanah lapang dan halangan berupa pepohonan maupun perumahan. Dan untuk mengetahui jarak maksimal pernode dilakukan dengan menggunakan alat bantu berupa alat meter dan untuk mengetahui level signal di gunakan wifi analyzer yang di pasang pada perangkat ponsel berikut gambaran pengujian untuk mengetahui cakupan area maksimal pada node ditunjukkan pada gambar 3.3 dan 3.4.



Gambar 3.3 Cakupan area pernode dengan kondisi LOS

Pada gambar 3.3 akan dilakukan pengukuran jarak maksimal cakupan area pernode secara horizontal dan vertical dengan cara melakukan panggilan antara client 1 dan client 2 dan apabila sudah terkoneksi atau terhubung maka akan dilakukan komunikasi dan masing-masing client melakukan pergerakan menjauhi node sampai node tersebut tidak bisa memberikan layanan komunikasi. Langkah-langkah tersebut dilakukan dalam pengukuran horizontal dan vertical

untuk pengukuran secara horizontal di lakukan pada area lapangan terbuka dan untuk pengujian secara vertical di lakukan di luar lantai dasar gedung dan tingkat atas gedung dengan cara menjulurkan tangan keluar gedung sampai node tidak bisa melayani komunikasi sehingga pengukuran pada kondisi vertical benar-benar pada kondisi line of sight karena tidak ada halangan berupa gedung atau lainnya.



Gambar 3.4 Cakupan area pernode dengan kondisi NLOS

Pada gambar 3.4 akan dilakukan pengukuran jarak maksimal cakupan area pernode secara horizontal dan vertical dengan cara melakukan panggilan antara client 1 dan client 2. Apabila sudah terkoneksi atau terhubung maka akan dilakukan komunikasi. Langkah selanjutnya masing-masing client melakukan pergerakan menjauhi node sampai node tersebut tidak bisa memberikan layanan komunikasi. Langkah-langkah tersebut dilakukan dalam pengukuran horizontal dan vertical untuk pengukuran secara horizontal dan vertical di lakukan pada area dalam gedung dengan halangan berupa sekat-sekat ruangan.

3.5.2 Kapasitas Pengguna Per Node

Pada tahapan ini akan dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah di buat dengan cara melakukan pengujian untuk mengetahui Jumlah maksimal pengguna yang bisa berkomunikasi pada satu node pengujian dilakukan dengan melakukan satu pasang komunikasi terlebih dahulu selama ± 2 menit dan dilanjutkan satu pasang pengguna lagi dan seterusnya sampai pengguna ke – n dan

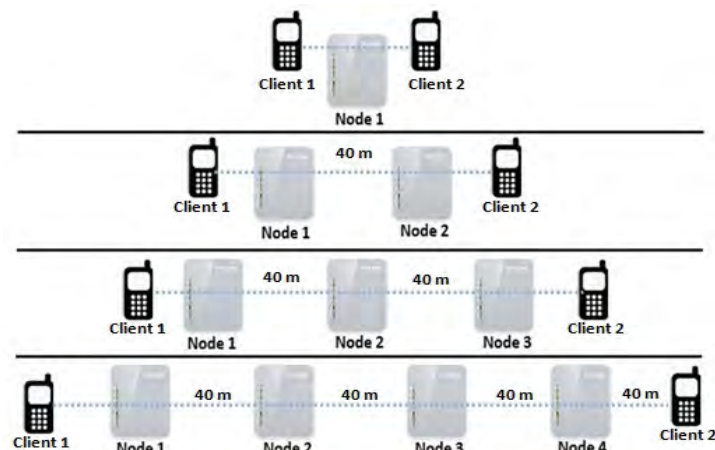
perangkat atau server VOIP tidak mampu lagi untuk menangani layanan panggilan sehingga setelah pengujian akan didapatkan hasil berupa maksimal kapasitas pengguna yang dapat dilayani pada perangkat tersebut berikut gambaran pengujiannya dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Pengujian kapasitas maksimal pengguna pernode

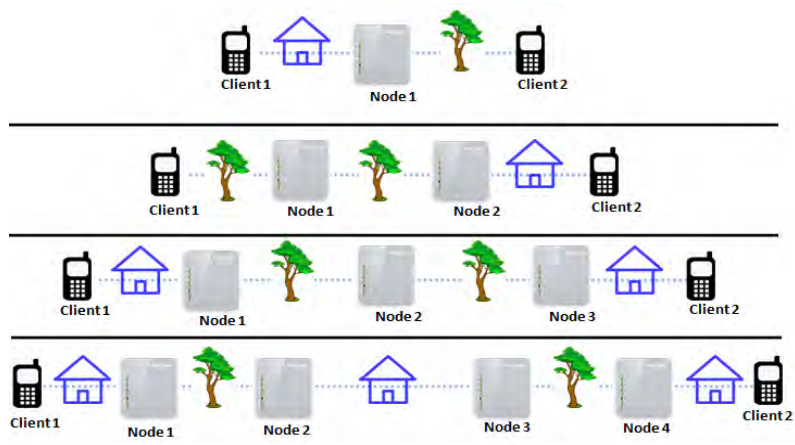
3.5.3 Pengujian dengan Node Diam

Pada tahapan ini akan dilakukan pengujian untuk mengetahui kemampuan node dalam menyediakan layanan VOIP dalam kondisi diam dilakukan untuk melihat pengaruh penambahan jumlah node dengan pengujian pada kondisi LOS dan NLOS yang dilakukan di area lapangan dan bangunan pada rural area untuk mengetahui QOS meliputi througput, delay, packet loss, dan Mean Opinion Score sehingga dapat diketahui kualitas dari layanan VOIP yang diberikan. Berikut gambaran skenario yang akan di uji coba dapat dilihat pada gambar 3.6 dan 3.7.



Gambar 3.6 Pengujian node diam pada kondisi LOS

Pada gambar 3.6 dapat dilihat skenario pengujian dengan infrastruktur node diam atau statis pada kondisi line of sight pengujian di lakukan dengan cara melakukan panggilan atau komunikasi antara client 1 dan client 2 dengan menggunakan 1 node. Dan di lanjutkan dengan menggunakan 2 node sampai tahap pengujian terakhir menggunakan 4 node hal tersebut di ujikan guna mendapatkan pengaruh quality of service terhadap penambahan node.



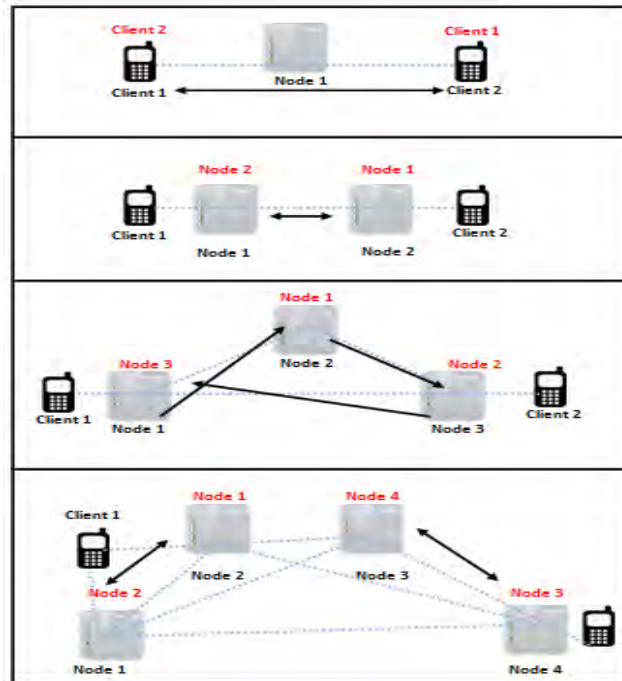
Gambar 3.7 Pengujian node diam pada kondisi NLOS

Pada gambar 3.7 dapat dilihat skenario pengujian dengan infrastruktur node diam atau statis pada kondisi non line of sight di mana dapat dilihat adanya obstacle atau halangan berupa pepohonan dan rumah penduduk. pengujian di lakukan dengan cara melakukan panggilan atau komunikasi antara client 1 dan client 2 dengan menggunakan 1 node. Dan di lanjutkan dengan menggunakan 2 node sampai tahap pengujian terakhir menggunakan 4 node hal tersebut di ujikan guna mendapatkan pengaruh quality of service terhadap penambahan node.

3.5.4 Pengujian dengan Node Bergerak

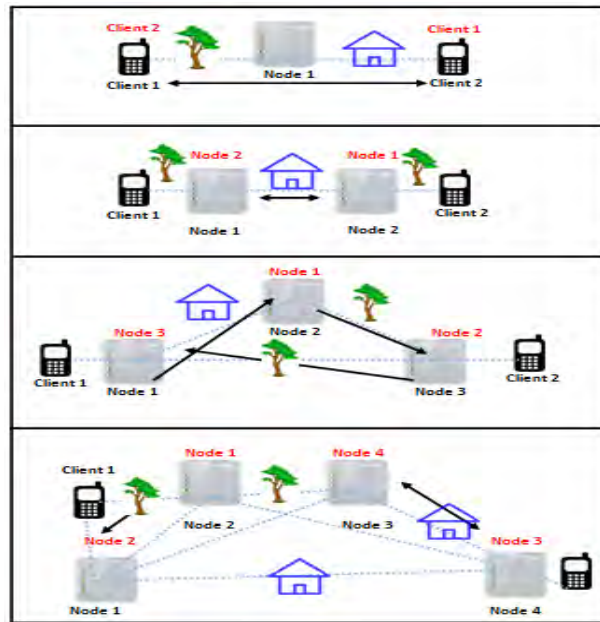
Pada tahapan ini akan dilakukan pengujian untuk mengetahui kemampuan node dalam menyediakan layanan VOIP dalam kondisi bergerak dilakukan dengan untuk melihat pengaruh node terhadap quality of service dari sistem yang dibuat dengan pengujian pada kondisi LOS dan NLOS yang dilakukan di area lapangan dan perumahan di pedesaan untuk mengetahui QOS meliputi throughput,

Delay, dan packet loss pada layanan yang di buat dengan menggunakan whireshark berikut gambaran skenario yang akan di uji coba dapat dilihat pada gambar 3.8 dan 3.9



Gambar 3.8 Pengujian node bergerak dalam kondisi LOS

Pada gambar 3.8 dapat dilihat skenario pengujian dengan infrastruktur node bergerak line of sight di area lapangan terbuka. Pengujian di lakukan dengan cara melakukan panggilan atau komunikasi antara client 1 dan client 2 dengan menggunakan 1 node dengan cara melakukan perpindahan posisi dari client 1 menuju client 2 begitu pula sebaliknya. Pengujian kedua dilakukan menggunakan 2 node dengan perpindahan posisi node 1 menempati posisi node 2 begitupula sebaliknya. Pengujian ketiga dilakukan dengan menggunakan 3 node dengan perpindahan node 1 ke node 2, node 2 ke node 3 dan terakhir node 3 berpindah ke node 1. Pengujian ke 4 dilakukan dengan melakukan perpindahan node dengan cara node 1 berpindah ke node 2 dan node 4 berpindah ke node 3 hal tersebut dilakukan guna mendapatkan hasil apakah quality of service yang didapat dari hasil uji coba berpengaruh ketika node mengalami pergerakan atau perubahan posisi.



Gambar 3.9 Pengujian node bergerak dalam kondisi NLOS

Pada gambar 3.9 dapat dilihat skenario pengujian dengan infrastruktur node bergerak pada kondisi non line of sight di mana dapat dilihat adanya obstacle atau halangan berupa pepohonan dan rumah penduduk. pengujian dilakukan dengan cara melakukan panggilan atau komunikasi antara client 1 dan client 2 dengan menggunakan 1 node dengan cara melakukan perpindahan posisi dari client 1 menuju client 2 begitu pula sebaliknya. Pengujian kedua dilakukan menggunakan 2 node dengan perpindahan posisi node 1 menempati posisi node 2 begitupula sebaliknya. Pengujian ketiga dilakukan dengan menggunakan 3 node dengan perpindahan node 1 ke node 2, node 2 ke node 3 dan terakhir node 3 berpindah ke node 1. Pengujian ke 4 dilakukan dengan melakukan perpindahan node dengan cara node 1 berpindah ke node 2 dan node 4 berpindah ke node 3 hal tersebut dilakukan guna mendapatkan hasil apakah quality of service yang didapat dari hasil uji coba berpengaruh ketika node mengalami pergerakan atau perubahan posisi.

BAB 4

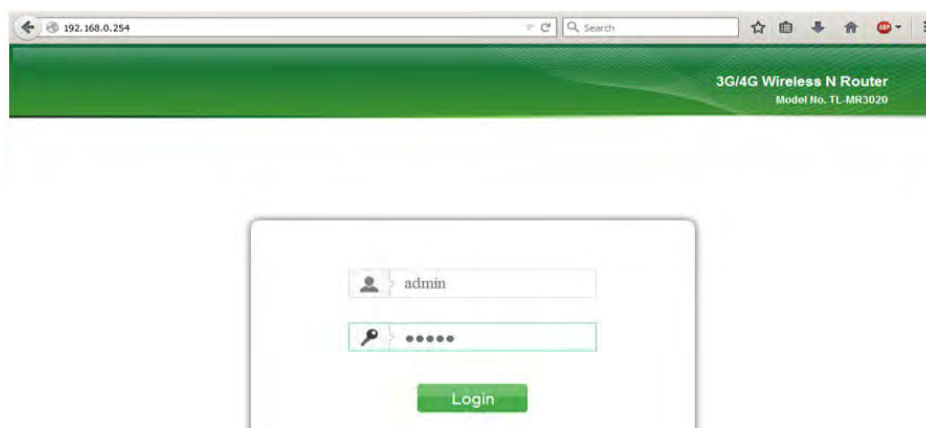
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi VOIP

Langkah awal dari penelitian ini adalah melakukan implementasi VOIP pada rural area dengan cara melakukan instalasi dan konfigurasi firmware yang bisa di gunakan untuk menjalankan layanan VOIP pada embedded system. Seperti yang sudah di jelaskan pada bab 3 bahwa untuk firmware yang di install pada perangkat router yakni menggunakan opensource wireless router (Open WRT). berikut langkah-langkah instalasi firmware pada router Seperti ditunjukkan pada gambar 4.1, 4.2, 4.3, dan 4.4 terlihat firmware sudah terinstall pada wireless router tp link mr 3020.

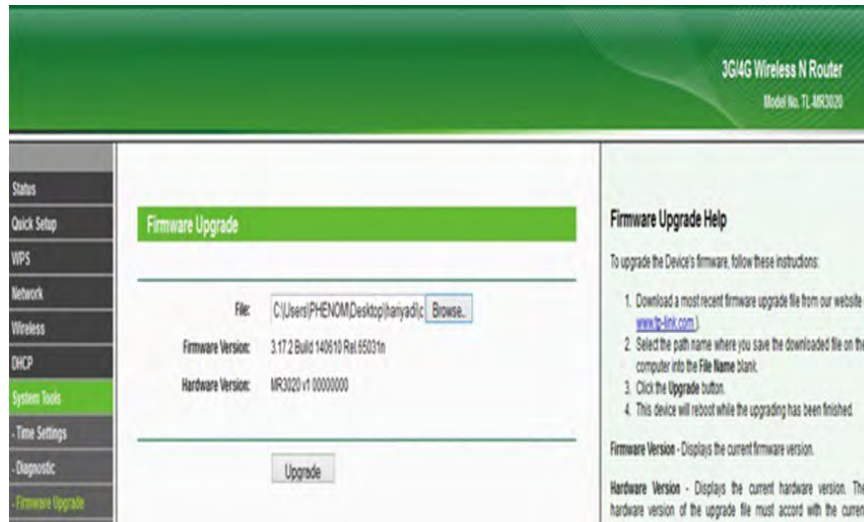
Pada tahapan ini akan dilakukan pemasangan firmware OpenWRT ke dalam device router MR-3020 yang disiapkan untuk aplikasi VOIP dengan Langkah-langkah pemasangannya sebagai berikut :

- a. Download terlebih dahulu Firmware OpenWRT yang akan di flashing kedalam router.
- b. Masuklah ke dalam halaman administrator melalui web browser pada perangkat router yang akan digunakan dengan mengakses pada url : <http://192.168.0.254> setelah itu masukkan password “admin” dan username “admin” seperti pada gambar 4.1.



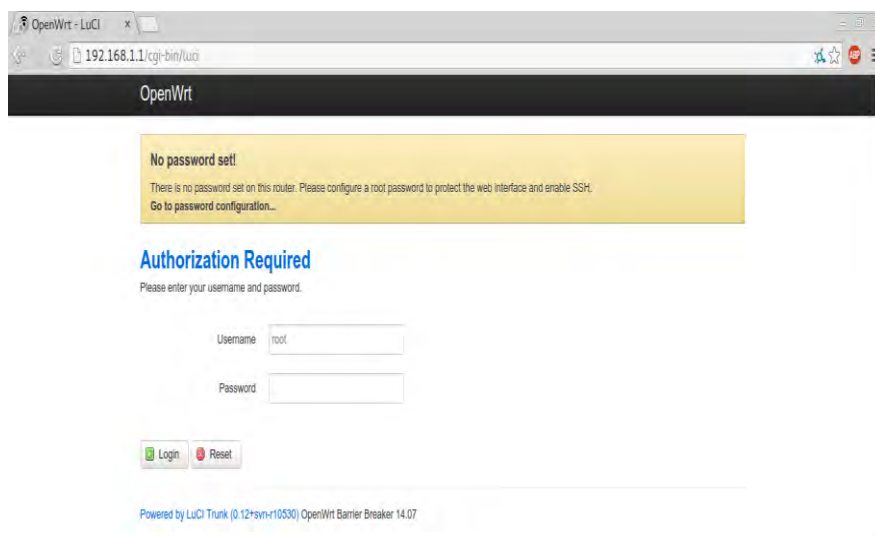
Gambar 4.1 Halaman login TL MR-3020

- c. Pilihlah menu sistem tools kemudian pilih firmware upgrade klik browse untuk memilih firmware baru yaitu Open WRT yang sudah di siapkan setelah itu klik upgrade



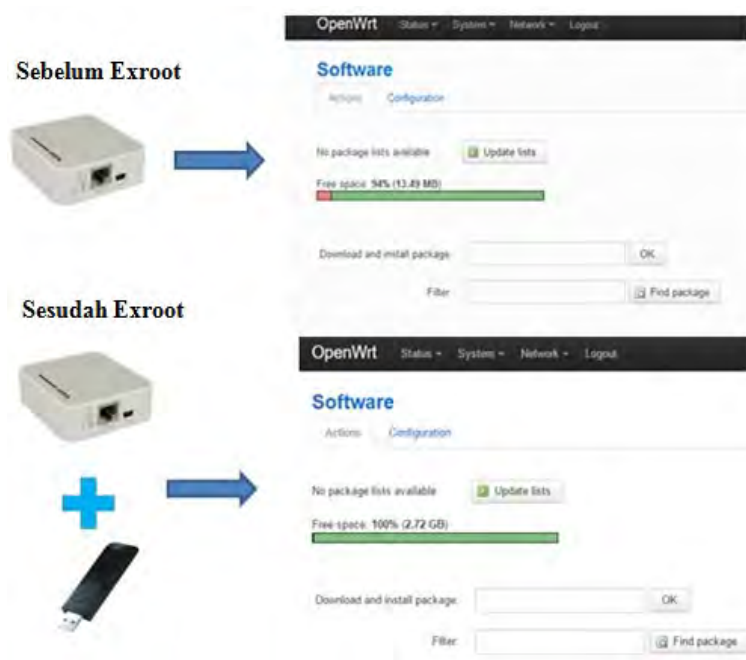
Gambar 4.2 Halaman upgrade firmware

- d. Jika upgrade berhasil langkah selanjutnya adalah mengakses web browser dengan memasukkan url: <http://192.168.1.1> dengan username root dan password root seperti pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Tampilan firmware Open WRT pada web browser

- b. pasang usb drive pada perangkat router dan lakukan update OpenWRT dan install software pada OpenWRT agar usb drive bisa dikenali pada perangkat wifi router sehingga kapasitas penyimpanan pada router bisa bertambah seperti pada gambar 4.6.

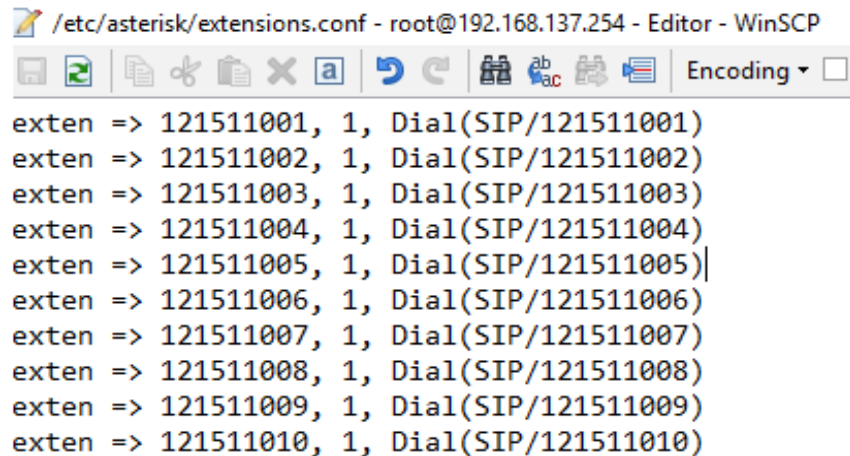


Gambar 4.6 Tampilan kapasitas penyimpanan sebelum dan sesudah exroot

Setelah proses exroot selesai langkah berikutnya adalah melakukan instalasi server VOIP dengan cara melakukan konfigurasi pada sip.conf dan extensions.conf seperti di tunjukkan pada gambar 4.7 dan 4.8

```
/etc/asterisk/sip.conf - root@192.168.137.254 - Editor - WinSCP  
[121511001]  
type=friend  
context=my-phones  
username=121511001  
secret=121511001  
host=dynamic  
  
[121511002]  
type=friend  
context=my-phones  
username=121511002  
secret=121511002  
host=dynamic
```

Gambar 4.7 Konfigurasi SIP Asterisk



```

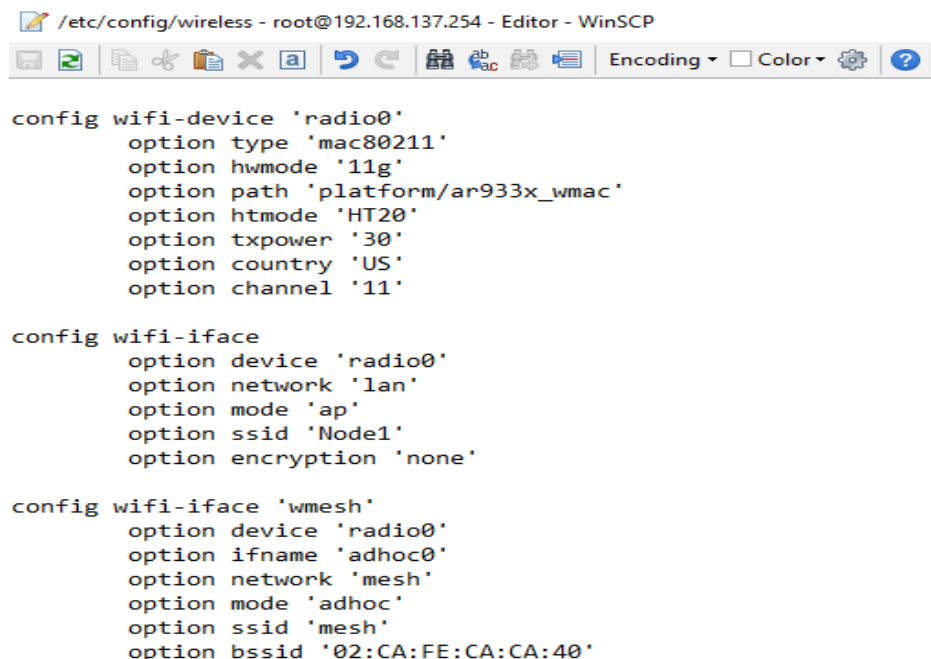
/etc/asterisk/extensions.conf - root@192.168.137.254 - Editor - WinSCP

exten => 121511001, 1, Dial(SIP/121511001)
exten => 121511002, 1, Dial(SIP/121511002)
exten => 121511003, 1, Dial(SIP/121511003)
exten => 121511004, 1, Dial(SIP/121511004)
exten => 121511005, 1, Dial(SIP/121511005)
exten => 121511006, 1, Dial(SIP/121511006)
exten => 121511007, 1, Dial(SIP/121511007)
exten => 121511008, 1, Dial(SIP/121511008)
exten => 121511009, 1, Dial(SIP/121511009)
exten => 121511010, 1, Dial(SIP/121511010)

```

Gambar 4.8 Konfigurasi extensions Asterisk

Setelah proses instalasi dan konfigurasi VOIP server selesai langkah berikutnya adalah melakukan instalasi BATMAN-ADV pada node 1, node 2, node3, dan node 4 setelah instalasi BATMAN-ADV selesai selanjutnya melakukan konfigurasi pada masing masing node dengan cara konfigurasi dulu pada wirelees kemudian pada network seperti di tunjukkan pada gambar 4.9 dan 4.10.



```

/etc/config/wireless - root@192.168.137.254 - Editor - WinSCP

config wifi-device 'radio0'
    option type 'mac80211'
    option hwmode '11g'
    option path 'platform/ar933x_wmac'
    option htmode 'HT20'
    option txpower '30'
    option country 'US'
    option channel '11'

config wifi-iface
    option device 'radio0'
    option network 'lan'
    option mode 'ap'
    option ssid 'Node1'
    option encryption 'none'

config wifi-iface 'wmesh'
    option device 'radio0'
    option ifname 'adhoc0'
    option network 'mesh'
    option mode 'adhoc'
    option ssid 'mesh'
    option bssid '02:CA:FE:CA:CA:40'

```

Gambar 4.9 Konfigurasi BATMAN-ADV wireless

```

/etc/config/network - root@192.168.137.254 - Editor - WinSCP

config interface 'loopback'
    option ifname 'lo'
    option proto 'static'
    option ipaddr '127.0.0.1'
    option netmask '255.0.0.0'

config globals 'globals'
    option ula_prefix 'fdbf:4be8:e06a::/48'

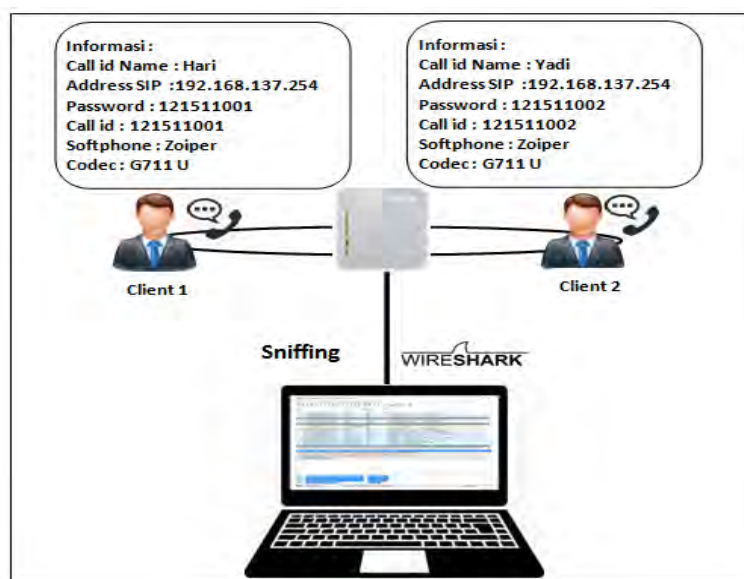
config interface 'lan'
    option ifname 'eth0 bat0'
    option type 'bridge'
    option proto 'static'
    option netmask '255.255.255.0'
    option ipaddr '192.168.137.254'
    option gateway '192.168.137.1'
    option dns '8.8.8.8 8.8.4.4'

#Add this network
config interface 'mesh'
    option ifname 'adhoc0'
    option mtu '1528'
    option proto 'batadv'
    option mesh 'bat0'

```

Gambar 4.10 Konfigurasi BATMAN-ADV network

Setelah semua perangkat sudah di install dan di konfigurasi langkah selanjutnya adalah melakukan uji coba pemanggilan dengan 1 node dengan 2 client yang saling berkomunikasi selama 2 menit seperti ditunjukkan pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Gambaran pengujian dengan menggunakan 1 node 2 client

Setelah proses pengujian seperti pada gambar 4.11 selesai maka diperoleh hasil pengukuran yang dapat dilihat pada tabel 4.1. berdasarkan rujukan

dari standart ITU-T G.144, P800 dan menggunakan pendekatan E model menggunakan standart ITU-T G107 layanan komunikasi yang diberikan memiliki Nilai MOS 4.4 yang berarti memiliki kualitas yang baik dengan nilai jitter masih di bawah 20 ms dan packet loss di bawah 0,5 %.

Tabel 4.1 Hasil Kinerja VOIP Menggunakan 1 Node dan 2 Client

Jumlah Node	Throughput (bps)		Delay (ms)	Paket Loss (%)	Nilai MOS
	Server	Klien			
1	173000	219444	3,803345	0,00	4,4

4.2 Data Hasil Pengujian

Pada bab ini akan disampaikan beberapa data hasil pengujian melalui beberapa skenario pengujian terhadap prototype yang sudah dibuat yaitu melakukan pengujian terhadap luas cakupan area dari perangkat yang di buat, melakukan pengujian terhadap kapasitas maksimal pengguna pernode, pengujian terhadap node diam dan pengujian terhadap node bergerak dengan parameter pengujian ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Parameter Pengujian

Parameter Pengujian	
Parameter	Description
Codec	G 771 U
Signaling	SIP
Transport	UDP Over RTP
Softswitch	Asterisk 18
Routing	BATMAN
SofPhone	Zoiper and X lite
Network Monitoring	Whireshark and Wifi Analyzer
Device	TL MR-3020
Source	Powerbank

4.2.1 Luas Cakupan Area

Pengujian pada penelitian ini dilakukan melalui beberapa kali pengujian untuk mendapatkan luas cakupan area maksimal dengan kualitas layanan panggilan yang baik pada kondisi line of sight dan non line of sight dengan melakukan komunikasi satu pasang pengguna dengan mempertimbangkan kualitas panggilan dan parameter level signal yang diterima oleh perangkat client.

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal perlu dilakukan pengujian dengan skenario pengukuran horizontal dan vertikal pada kondisi line of sight dan pada kondisi non line of sight dengan langkah-langkah pengujian melakukan komunikasi satu pasang client yang berkomunikasi secara terus-menerus dengan melakukan gerakan menjauh dari node server sampai pada jarak dimana pengguna sudah tidak mendapatkan layanan dengan mempertimbangkan signal yang didapat dan QOS yang diperoleh berikut hasil yang diperoleh sesuai dengan rancangan pada gambar 3.3 dan 3.4 dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Kinerja VOIP pada Pengujian Luas Cakupan Area

Distance (m)	Measurement Condition	Signal	Throughput (bps)	Packet Loss
52	Horizontal LOS	-76 dBm	466709	0 %
40	Horizontal NLOS	-87 dBm	217840	1%
25	Vertical LOS	-78 dBm	162099	0%
12	Vertical NLOS	-85 dBm	119285	0%

4.2.2 Kapasitas Pengguna Per Node

Pengujian selanjutnya adalah pengukuran terhadap performa perangkat embeded system dengan cara melakukan pengujian terhadap node untuk mengetahui jumlah maksimal client atau user yang dapat terkoneksi pada perangkat yang telah dibuat. Hal ini sangat penting guna mengetahui berapa node nanti yang akan diperlukan ketika ingin mengimplementasikan pada rural area yang lebih besar. Pengujian dilakukan dengan jumlah partisipan sebanyak 40 orang dengan cara melakukan komunikasi satu pasang client terlebih dahulu dengan selang waktu ± 2 menit dilanjutkan oleh pasangan berikutnya sampai client

tidak bisa lagi dilayani oleh node yang ada sedangkan device yang di gunakan pada sisi client adalah handphone berbasis android dan laptop berbasis windows.

Dari hasil pengujian terhadap jumlah client yang bisa melakukan panggilan suara tanpa terputus dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Kapasitas Pengguna Pernode

Urutan Client	Durasi Panggilan (m)	Througput (bps)	Delay (ms)	Packet Loss %	Nilai MOS
1	1,19	33749,66	3,440350	0	4,4
2	3,18	33739,22	3,585358	0	4,4
3	5,06	32729,77	3,822773	0	4,4
4	6,57	31866,54	3,843944	0	4,4
5	9,15	32108,11	3,931905	0	4,4
6	10,39	32374,39	3,831783	0	4,4
7	12,19	32490,18	3,939760	0	4,4
8	14,45	32625,09	3,538136	0	4,4
9	16,25	31581,22	7,371195	1,3	2,4
10	18,07	30841,97	10,28352	7,7	1,0
11	22,12	29809,37	11,22670	15	1,0

4.2.3 Pengujian dengan Node Diam pada Kondisi LOS

Pengujian selanjutnya adalah pengujian terhadap infrastruktur tetap atau node statis tidak bergerak untuk mengetahui performansi perangkat yang telah dibuat dengan pengujian pengukuran digunakan 1 node terlebih dahulu diakses oleh 1 pasang client selanjutnya di tambahkan 2 node, 3 node sampai 4 node sehingga bisa di dapatkan pengaruh througput, delay dan packet loss terhadap penambahan jumlah node pada kondisi diam serta mengetahui quality of service yang di peroleh dari pengujian.

Pengujian dilakukan pada kondisi line of sight yang dilakukan pada area lapangan seperti skenario pada gambar 3.6. hasil pengukuran dari realtest yang di jalankan dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian dengan Node Diam pada Kondisi LOS

Jumlah NODE	Througput (bps)		Delay (ms)		Packet Loss %	Nilai MOS
	Server	Client	Server	Client		
1	23287,79	136000	4,246747	23	0	4,4
2	18766,33	126000	4,568532	25	0	4,4
3	13899,15	84000	16,345801	23	0,2	4,0
4	11391,21	83000	23,352785	25	0,5	3,2

4.2.4 Pengujian dengan Node Diam pada Kondisi NLOS

Pengujian selanjutnya adalah pengujian terhadap infrastruktur tetap atau node statis tidak bergerak untuk mengetahui performansi perangkat yang telah dibuat dengan pengujian pengukuran digunakan 1 node terlebih dahulu diakses oleh 1 pasang client selanjutnya di tambahkan 2 node, 3 node sampai 4 node sehingga bisa di dapatkan pengaruh througput, delay, dan packet loss terhadap penambahan jumlah node pada kondisi diam. Pengujian dilakukan pada kondisi non line of sight yang dilakukan pada rural area dengan obstacle atau halangan berupa pepohonan dan rumah warga seperti skenario pada gambar 3.7. hasil pengukuran dari realtest yang di jalankan dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian dengan Node Diam pada Kondisi NLOS

Jumlah Node	Througput (bps)		Delay (ms)		Packet Loss %	Nilai MOS
	Server	Client	Server	Client		
1	21586,62	83000	5,073741	22	0	4,4
2	18377,98	55000	8,879362	25	1,2	2,2
3	18357,62	62000	5,562678	25	0,3	3,7
4	18064	34000	18,190212	27	1,3	2,1

4.2.5 Pengujian dengan Node Bergerak pada Kondisi LOS

Pengujian selanjutnya adalah pengujian terhadap node yang bergerak dengan skenario seperti pada gambar 3.8 pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah node yang sudah dikonfigurasi sudah benar-benar bisa

dikatakan berteknologi MANET atau mobile ad hoc network selain itu pengujian juga dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja kualitas jaringan dan panggilan mengingat salah satu keuntungan dari penggunaan teknologi MANET adalah sifatnya yang memiliki kemampuan mobile sehingga bisa di aplikasikan tanpa harus memiliki infrastruktur jaringan yang tetap.

Pengujian dilakukan dengan cara melakukan panggilan satu pasang client dengan menggunakan 1 node dan nanti bertambah sampai 4 node pada kondisi line of sight di area lapangan dengan kecepatan pergerakan node seperti orang berjalan. hasil dari realtest yang dijalankan dapat dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4.7 Pengujian dengan Node Bergerak pada Kondisi LOS

Jumlah Node	Throughput (bps)		Delay (ms)		Packet Loss %	Nilai MOS
	Server	Client	Server	Client		
1	13867,98	83000	21,675236	25	0	4,4
2	27565,75	127000	16,430509	26	0	4,4
3	12125,14	82000	11,226708	25	15	1,0
4	11899,53	87000	23,370267	23	1,9	1,7

4.2.6 Pengujian dengan Node Bergerak pada Kondisi NLOS

Pengujian selanjutnya adalah pengujian terhadap node yang bergerak dengan skenario seperti pada gambar 3.9 pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah node yang sudah dikonfigurasi sudah benar-benar bisa dikatakan berteknologi MANET atau mobile ad hoc network selain itu pengujian juga dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja kualitas jaringan dan panggilan mengingat salah satu keuntungan dari penggunaan teknologi MANET adalah sifatnya yang memiliki kemampuan mobile sehingga bisa di aplikasikan pada rural area yang belum memiliki infrastruktur jaringan komunikasi yang tetap.

Pengujian dilakukan dengan cara melakukan panggilan satu pasang client dengan menggunakan 1 node dan nanti bertambah sampai 4 node pada kondisi non line of sight pada rural area dengan halangan berupa pepohonan dan rumah

warga, di ujikan dengan kecepatan pergerakan node seperti orang berjalan. Hasil pengukuran dari realtest yang dijalankan dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Pengujian dengan Node Bergerak pada Kondisi NLOS

Jumlah Node	Througput (bps)		Delay (ms)		Packet Loss %	Nilai MOS
	Server	Client	Server	Client		
1	19501,22	88000	6,840832	26	0,1	4,2
2	21204	137000	8,008427	26	1,2	2,2
3	20049,65	125000	24,567364	27	15,7	1,0
4	19434,95	84000	5,459936	25	0,5	3,2

4.3 Analisa Kinerja Aplikasi VOIP

Pada point ini akan di bahas analisa kinerja aplikasi VOIP. Dari data yang sudah di dapatkan maka bisa di analisa bahwa prototype yang diimplementasikan bisa bekerja dengan baik dibuktikan dengan berfungsinya aplikasi yang dibuat dan bisa digunakan untuk berkomunikasi antar pengguna dan bisa berjalan secara mandiri tanpa harus terkoneksi dengan internet maupun penyedia layanan telekomunikasi lainnya.

4.3.1 Analisa Luas Cakupan Area

Dari hasil pengukuran pada tabel 4.3 dapat dilakukan analisa data bahwa pada satu node prototype aplikasi VOIP yang sudah diimplementasikan memiliki jarak maksimal pada kondisi horizontal LOS berjarak 52 meter sedangkan pada kondisi NLOS berjarak 40 meter dan untuk pengukuran pada kondisi vertical LOS berjarak 25 meter sedangkan pada kondisi vertical NLOS hanya berjarak 12 meter merupakan kemampuan jarak maksimal layanan yang bisa diberikan oleh prototype yang dibuat dengan memiliki kualitas layanan yang baik dapat dibuktikan masih terhubungnya layanan panggilan pada jarak tersebut dan hampir tidak ada packet yang dikirim hilang dengan memenuhi standart berdasarkan ITU-T G.144. Nilai packet loss yang sudah di uji masih di bawah 1,5% berarti pada uji coba tersebut memiliki kategori kulaitas baik. Sedangkan pada pengujian

di atas jarak yang sudah di dapatkan layanan panggilan sudah tidak bisa di berikan karena terputusnya koneksi pada server. Pancaran antenna yang dimiliki adalah antena internal yang memiliki jenis antena omni directional yang memiliki pancaran ke segala arah dengan daya yang sama tetapi pada saat uji coba di dapatkan pancaran lebih jauh pada kondisi horizontal kemungkinan pada tipe perangkat yang digunakan lebih memfokuskan dayanya secara horizontal dengan mengabaikan pola pemancaran ke atas dan ke bawah.

4.3.2 Analisa Kapasitas Pengguna Per Node

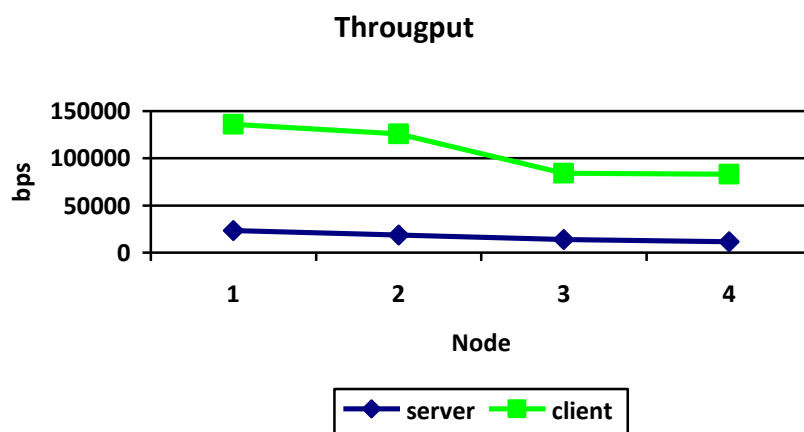
Dari data yang didapatkan pada tabel 4.4 dapat di analisa bahwa hasil dari pengukuran yang didapat menunjukkan bahwa prototype yang di buat hanya mampu melayani 11 pasang pengguna dalam satu node dan apabila di tambahkan satu pasang lagi yang melakukan panggilan yakni pasangan ke 12 maka salah satu pasangan pada pasangan ke 12 ada yang bisa terkoneksi dan ada yang tidak terkoneksi sedangkan bila pasangan ke 11 memutus koneksi dan pasangan ke 12 melakukan koneksi kembali maka dapat terhubung sehingga dapat di ketahui bahwa maksimal banyaknya pengguna yang bisa di layani adalah 11 pasang pengguna atau 22 client. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya jumlah pasangan pengguna yang terkoneksi kedalam sistem maka semakin berkurang juga throughput yang mengakibatkan berkurangnya jumlah pengguna yang bisa mengakses sistem tersebut. Dari pengujian tersebut di dapatkan nilai packet loss yang tinggi ketika pada pasangan ke 11 yang menunjukkan bahwa nilai packet loss tertinggi bernilai 15 %. Mulai dari pasangan ke 9 sudah terlihat bahwa layanan komunikasi yang di berikan sudah mengalami penurunan sampai dengan pasangan terakhir memiliki nilai MOS yang begitu rendah yaitu 1 yang berarti pada koneksi pasangan ke 11 memiliki kualitas layanan komunikasi yang buruk jika di rujuk pada standart ITU –T P 800 dan ITU-T G107.

4.3.3 Analisa Pengujian dengan Node Diam pada Kondisi LOS

Untuk memudahkan melakukan analisa dari hasil pengukuran pada tabel 4.5 maka data tersebut perlu diplot dalam bentuk grafik yang bisa di lihat pada gambar 4.12, 4.13, dan 4.14.

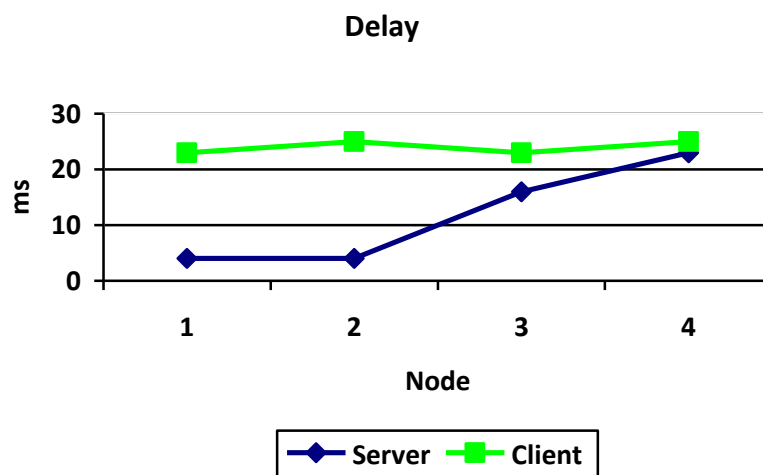
A. Throughput

Dapat dilihat pada gambar 4.12 bahwa terjadi perbedaan pada throughput yang terjadi namun memiliki trend menurun seiring bertambahnya node pada kondisi diam atau statis hal ini dikarenakan semakin bertambahnya node yang ada sehingga data yang dikirim dilewatkan pada masing-masing node yang sangat mempengaruhi proses pengiriman data sehingga dengan bertambahnya node maka kemungkinan hop juga bertambah sehingga mempengaruhi nilai throughput menjadi semakin kecil seiring dengan bertambahnya jumlah node.



Gambar 4.12 Pengaruh jumlah node terhadap throughput pada kondisi LOS

B. Delay

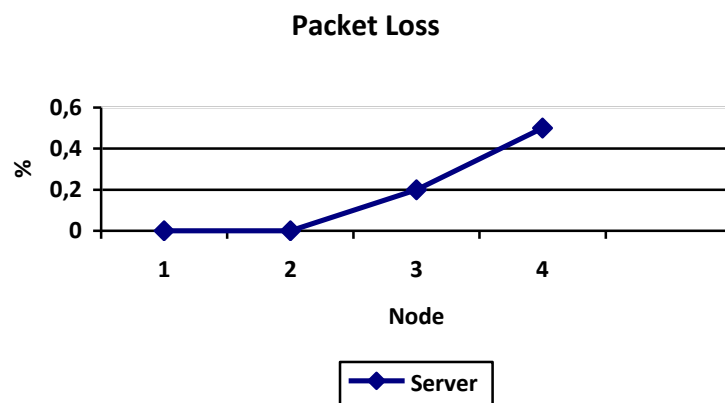


Gambar 4.13 Pengaruh jumlah node terhadap delay pada kondisi LOS

Pada gambar 4.13 dapat dilihat nilai delay pada grafik lebih cenderung meningkat pada sisi server dan client hal ini dikarenakan semakin bertambahnya node maka semakin banyak pula waktu yang diperlukan oleh paket untuk sampai ketujuan hal ini yang menyebabkan kecenderungan delay akan meningkat di sisi client dari hasil yang di ujikan nilai delay tertinggi pada sisi server dan client adalah 25 ms yang bila mana di rujuk berdasarkan ITU-T G.114 memiliki kualitas delay yang baik.

C. Packet Loss

Pada gambar 4.14 dapat dilihat bahwa packet loss tidak berpengaruh dengan bertambahnya node tetapi berbanding lurus dengan tingginya nilai dari delay semakin tinggi nilai delay semakin besar kemungkinan untuk paket yang dikirim akan hilang sebelum sampai ke tujuan. Hal ini bisa dilihat peresentase paket loss yang tidak terlalu besar dilihat dari paket loss maksimal adalah 0,5 % yang di dapatkan pada pengujian dengan menggunakan empat node. Hal tersebut masih dikategorikan memiliki kualitas packet loss sangat baik dengan menggunakan standart berdasarkan ITU-T G114 dimana kualitas sangat baik dengan nilai rujukan 0-0.5 %. Paket loss bisa terjadi dikarenakan paket yang dikirim harus bergantian pada saat di transmit sehingga paket akan mengalami antrian dan memungkinkan paket akan dibuang atau hilang karena sudah melewati waktu buffering yang ada.



Gambar 4.14 Pengaruh jumlah node terhadap packet loss pada kondisi LOS

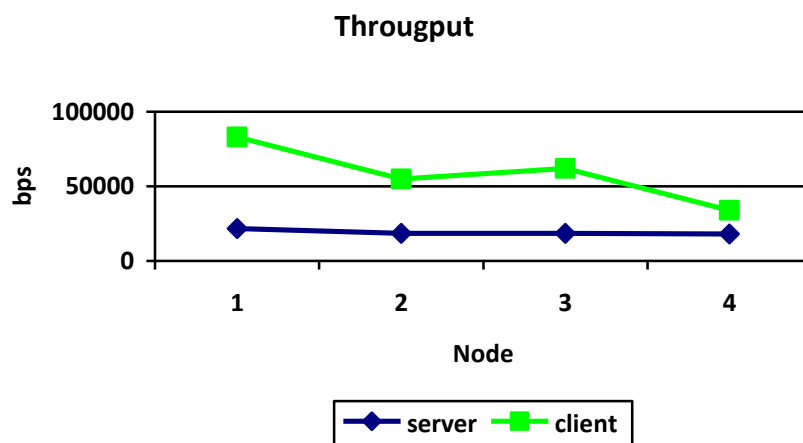
D. Mean Opinion Score (MOS)

Dari seluruh pengujian pada kondisi LOS dengan menggunakan 1 sampai dengan 4 node di dapatkan nilai MOS dengan kategori baik pada pengujian dengan menggunakan 1, 2, 3 node dan mengalami penurunan kualitas pada penggunaan 4 node dengan nilai terendah adalah 3.2 yang menandakan bahwa kualitas atau layanan komunikasi yang di berikan memiliki nilai yang cukup baik berdasarkan pendekatan matematis menggunakan E-model berdasarkan standart ITU-T G107 yang juga dirujuk dengan standart ITU-T P800. Terjadinya penurunan tersebut bisa juga dipengaruhi oleh nilai delay yang begitu besar pada saat menggunakan 4 node sehingga mempengaruhi dari kualitas layanan suara yang diberikan. Dari seluruh pengujian dengan menggunakan 4 node dengan infrastruktur diam pada kondisi line of sight dapat dikatakan memiliki kualitas layanan komunikasi suara yang baik.

4.3.4 Analisa Pengujian dengan Node Diam pada Kondisi NLOS

Untuk memudahkan analisa dari hasil pengukuran maka data hasil pengukuran pada tabel 4.4 dapat di plot dalam bentuk grafik seperti pada gambar 4.15, 4.16, dan 4.17.:

A. Throughput

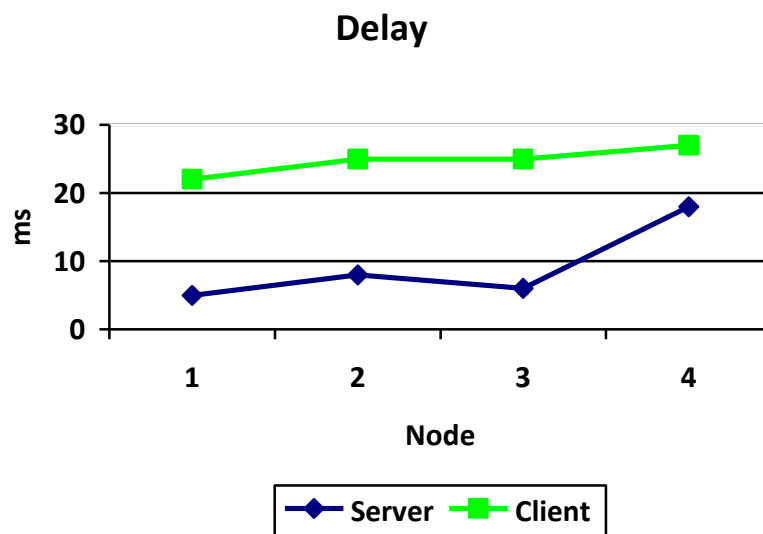


Gambar 4.15 Pengaruh jumlah node terhadap throughput pada kondisi NLOS

. Pada gambar 4.15 dapat dilihat bahwa terjadi fluktuasi pada throughput yang memiliki trend yang cenderung menurun seiring dengan bertambahnya jumlah node baik disisi client maupun disisi server karena semakin banyak node yang di lewati sehingga mempengaruhi proses pengiriman data karena media yang di gunakan adalah media wifi yang bersifat shared sehingga kecenderungan nilai throughput akan menurun dengan bertambahnya jumlah node.

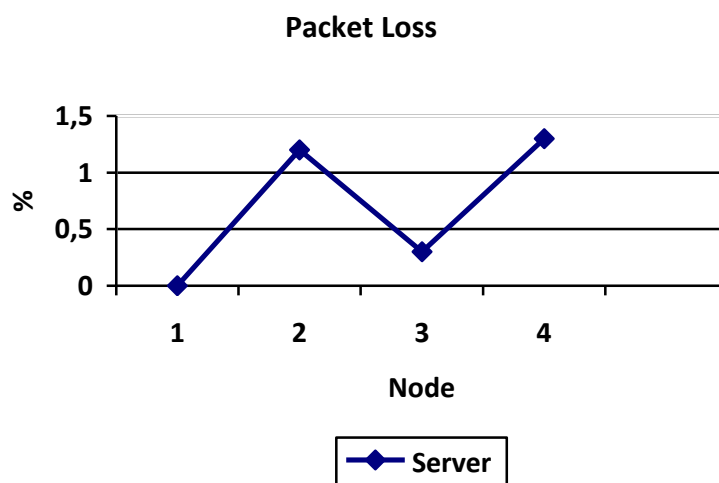
B. Delay

Pada gambar 4.16 dapat dilihat bahwa nilai delay semakin besar atau meningkat terhadap penambahan jumlah node hal ini bisa terjadi dikarenakan dengan bertambahnya jumlah node maka semakin banyak pula waktu yang dibutuhkan oleh paket yang dikirim untuk sampai ke node tujuan yang mengakibatkan semakin banyak pula antrian yang harus dilewati oleh paket sebelum di transmit ke node selanjutnya yang mengakibatkan kecenderungan delay akan meningkat. Nilai delay tertinggi diperoleh saat pengujian dengan menggunakan 4 hop yang memiliki nilai delay 27 ms dengan nilai tertinggi tersebut masih memiliki kualitas delay yang baik karena masih berada pada rentang nilai 0-150 ms yang masih memenuhi standart ITU-T G.114.



Gambar 4.16 Pengaruh jumlah node terhadap delay pada kondisi NLOS

C. Packet Loss



Gambar 4.17 Pengaruh Jumlah hop terhadap Packet Loss pada kondisi NLOS

Pada gambar 4.17 dapat dilihat bahwa nilai packet loss mengalami kecenderungan naik dan turun dengan nilai paket loss yang paling tinggi pada pengukuran kondisi diam pada keadaan non line on sight memiliki nilai 1,3 % pada penambahan node ke empat hal tersebut berbanding lurus dengan besarnya nilai delay pada pengujian dengan menggunakan 4 node pada kondisi NLOS, sehingga paket yang dikirim harus bergantian pada saat di transmit yang menyebabkan paket akan mengalami antrian dan memungkinkan paket akan dibuang atau hilang karena sudah melewati waktu buffering. Dari seluruh pengujian pada kondisi non line of sight dari penggunaan 1 sampai dengan 4 node dapat di katakan memiliki nilai packet loss yang cukup baik berdasarkan pada standart ITU-T.G.114.

D. Mean Opinion Score (MOS)

Dari seluruh pengujian pada kondisi NLOS dengan menggunakan 1 sampai dengan 4 node di dapatkan nilai MOS terendah adalah 2.1 yang menandakan bahwa kualitas atau layanan komunikasi yang di berikan memiliki nilai tidak baik pada penggunaan 4 node dengan halangan dan pada penggunaan dengan menggunakan 3 node memiliki score MOS sebesar 3,7 yang memiliki arti kualitas layanan yang tergolong cukup baik dengan menggunakan pendekatan

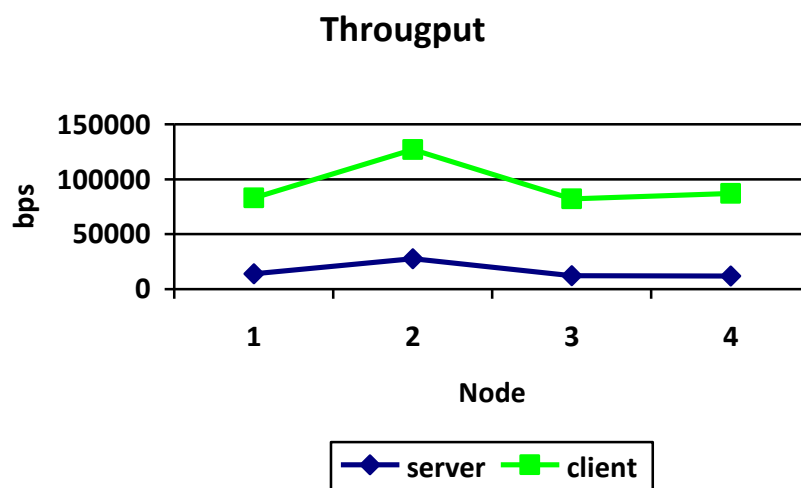
matematis menggunakan E-model berdasarkan standart ITU-T G107 yang juga dirujuk dengan standart ITU-T P800.

4.3.5 Analisa Pengujian dengan Node Bergerak pada Kondisi LOS

Setelah hasil pengujian di dapatkan langkah selanjutnya adalah melakukan analisa terhadap hasil pengujian, untuk memudahkan melakukan analisa dari hasil pengujian pada tabel 4.7 maka data tersebut perlu diplot dalam bentuk grafik yang bisa di lihat pada gambar 4.18, 4.19 , dan 4.20 :

A. Throughput

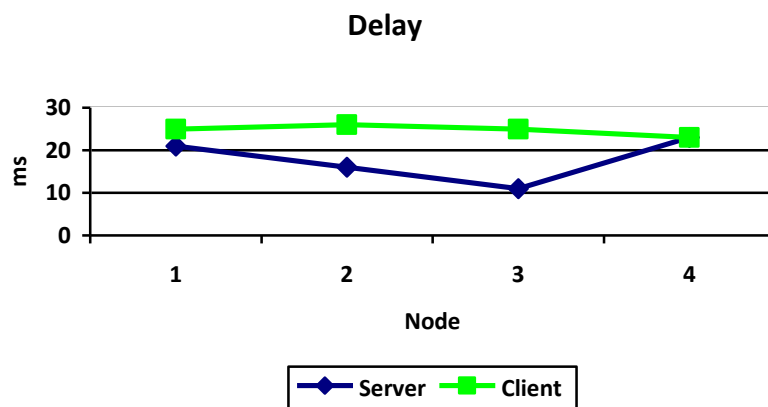
Pada gambar 4.18 dapat di lihat bahwa pengaruh throughput terhadap jumlah node dengan skenario node bergerak memiliki trend naik dan turun dapat di lihat ketika menggunakan 2 node throughput naik dan ketika menggunakan 3 node nilai throughput kembali turun hal ini bisa terjadi karena setiap node yang menggunakan algoritma BATMAN hanya mengetahui single hop neighbor saja sebagai dasar penentuan nexthop tanpa mengetahui sepertiapa topologi jaringan secara keseluruhan sehingga hal tersebut yang membuat besarnya throughput tidak selalu menurun berdasarkan banyaknya jumlah node karena ketika pergerakan node berlangsung bisa saja node ke 4 langsung terhubung dengan server tanpa harus melewati node 2 dan 3 begitu pula sebaliknya.



Gambar 4.18 Pengaruh pergerakan node terhadap throughput pada kondisi LOS

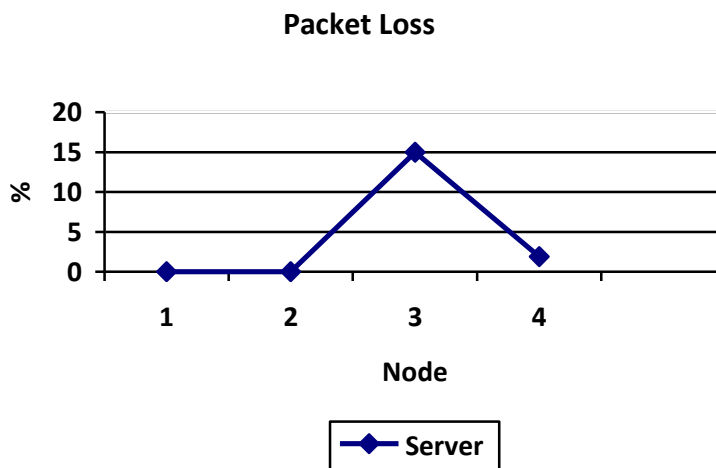
B. Delay

Pada gambar 4.19 dapat di lihat pengaruh pergerakan node terhadap nilai delay juga tidak mengalami trend yang sama tetapi lebih cenderung turun dan naik hal tersebut disebabkan oleh pengaruh penggunaan algoritma routing yang ada pada masing-masing node yang digunakan ketika nilai delay tinggi berarti banyak antrian yang harus di lewati oleh paket sebelum di transmit ke node tujuan dan apabila nilai delay rendah berarti tidak terlalu banyak antrian yang harus dilewati oleh paket yang dikirimkan untuk sampai ketujuan. Nilai delay tertinggi yang diperoleh dari hasil pengukuran adalah 26 ms memiliki nilai kualitas yang baik berdasarkan ITU-T G 144.



Gambar 4.19 Pengaruh pergerakan node terhadap Delay pada kondisi LOS

C. Paket Loss



Gambar 4.20 Pengaruh pergerakan node terhadap packet loss pada kondisi LOS

Pada gambar 4.20 dapat dilihat bahwa packet loss tidak berpengaruh dengan bertambahnya node pada kondisi bergerak. Hal ini bisa dilihat persentase paket loss yang memiliki nilai tertinggi sebesar 15% pada penggunaan dengan 3 node dan kembali menurun ketika dilakukan pergerakan dengan menggunakan 4 node. Hal tersebut bisa terjadi dimungkinkan pada skenario penggunaan 3 node memiliki skenario pergerakan yang paling banyak yaitu 3 kali pergerakan sehingga pengiriman paket akan banyak di transmit ke masing-masing node yang memungkinkan akan adanya paket yang hilang. Akan tetapi apabila di rujuk berdasarkan ITU-T G144 kualitas packet loss yang dimiliki pada penggunaan 3 node memiliki kualitas yang buruk karena persentase paket loss memiliki nilai >1,5 % sesuai dengan standart ITU-T G144. Berbeda dengan penggunaan 1, 2, dan 4 node yang memiliki kualitas packet loss baik sesuai dengan standart ITU-T G144. Hilangnya paket bisa terjadi karena paket yang dikirim harus bergantian pada saat di transmit sehingga paket akan mengalami antrian dan memungkinkan paket akan dibuang atau hilang karena sudah melewati waktu buffering yang ada

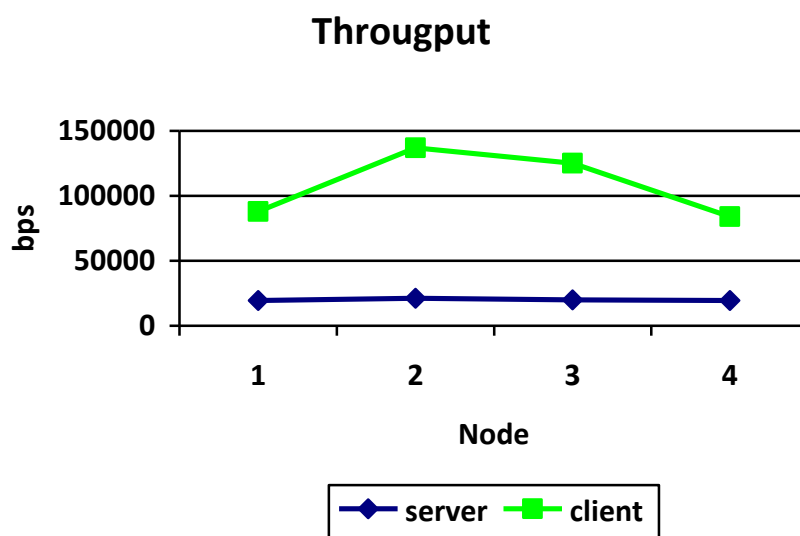
D. Mean Opinion Score (MOS)

Dari seluruh pengujian pada kondisi LOS dengan menggunakan 1 dan 2 node didapatkan nilai MOS 4,4 yang berarti memiliki kualitas suara yang baik. Hal tersebut bisa terjadi dimungkinkan karena tidak ada paket yang hilang pada saat ujicoba menggunakan 1 node dan 2 node. Berbeda dengan uji coba menggunakan 3 dan 4 node yang memiliki nilai rendah yaitu 1,0 dan 1,7. Hal tersebut disebabkan karena tingginya packet loss yang hilang dan skenario pergerakan yang cukup banyak sehingga mempengaruhi juga terhadap nilai delay sehingga terjadi jeda waktu pembicaraan ketika sampai di tujuan. Suara yang dihasilkan pada penggunaan 3 dan 4 node terbilang buruk yaitu terdengar seperti suara robot akan tetapi masih bisa terdengar dan dimengerti. Sehingga pada pengujian kali ini pada penggunaan 1 dan 2 node memiliki nilai MOS yang sangat baik yakni memiliki nilai 4.4 yang memiliki arti kualitas layanan yang tergolong baik dengan menggunakan pendekatan matematis menggunakan E-model berdasarkan standart ITU-T G107 yang juga dirujuk dengan standart ITU-T P800.

4.3.6 Analisa Pengujian dengan Node Bergerak pada Kondisi NLOS

Untuk memudahkan analisa karakteristik dari hasil pengukuran pada tabel 4.8 maka data tersebut perlu diplot dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.21, 4.22, dan 4.23 :

A. Throughput

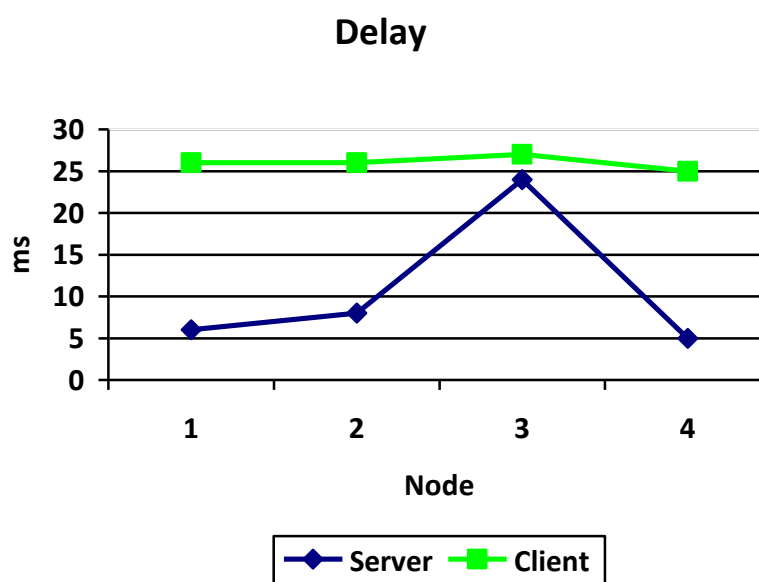


Gambar 4.21 Pengaruh pergerakan node terhadap throughput pada kondisi NLOS

Pada gambar 4.21 dapat di lihat bahwa pada saat penggunaan 1 node nilai throughput lebih rendah daripada menggunakan 2 node, 3 node dan 4 node hal ini dikarenakan pada penggunaan node satu ponsel yang digunakan untuk berkomunikasi berjauhan dengan node 1 sehingga daya terima lebih rendah dari pada daya terima dengan penggunaan node lainnya hal tersebut akan berdampak pada nilai throughput yang rendah halangan yang ada juga mempengaruhi besar throughput yang dihasilkan karena hal tersebut juga bisa membuat daya terima menjadi lebih rendah.

B. Delay

Pada gambar 4.22 dapat dilihat pada saat pengujian dengan menggunakan 1 sampai 4 node dihasilkan nilai delay yang naik dan turun hal tersebut dipengaruhi oleh halangan yang ada pada rural area dan juga pergerakan node sehingga waktu yang diperlukan ketika paket dikirim dan sampai tujuan mengalami banyak antrian sebelum di transmisikan ke node berikutnya begitu pula sebaliknya apabila pergerakan node pengirim mengarah lebih dekat dengan node tujuan maka tidak diperlukan banyak transmit ke node tujuan sehingga nilai delay bisa menjadi lebih rendah. nilai delay tertinggi pada pengujian tersebut memiliki nilai 27 ms yang memiliki kualitas baik karena nilai tersebut berada pada rentang nilai 0-150 ms berdasarkan ITU-T G144.

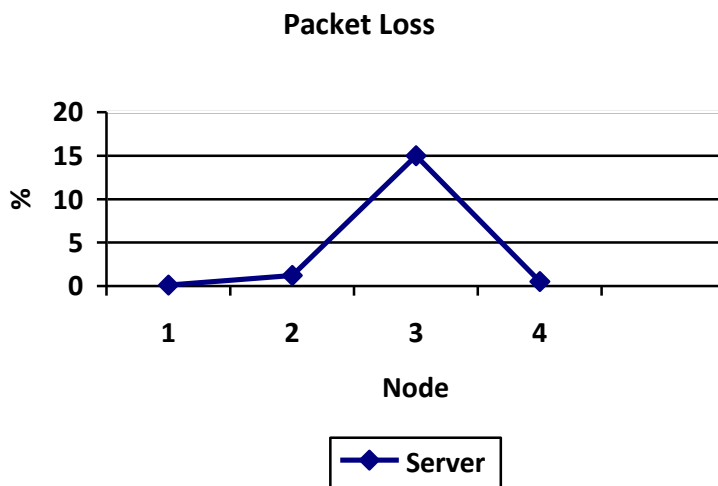


Gambar 4.22 Pengaruh pergerakan node terhadap delay pada kondisi NLOS

C. Paket Loss

Pada gambar 4.23 dapat dilihat bahwa packet loss tidak berpengaruh dengan bertambahnya node. Hal ini bisa dilihat persentase paket loss yang memiliki nilai persentase tertinggi sebesar 15,7 % pada node ke 3. Pada pengujian lainnya dengan menggunakan 1 node, 2 node, dan 4 node memiliki nilai yang baik dibandingkan ketika menggunakan 3 node dengan skenario bergerak

secara keseluruhan masih bisa dikatakan memiliki nilai atau kualitas yang baik karena nilai packet loss pada pengujian tersebut masih di bawah 1,5 % paket yang hilang kecuali pada pengujian menggunakan 3 node memiliki kualitas yang buruk karena nilainya lebih dari 1,5 % jika dirujuk berdasarkan standar ITU-T G144. Nilai packet loss pada pengujian dengan menggunakan 3 node bisa begitu besar disebabkan oleh banyaknya pergerakan pada skenario tersebut sehingga paket yang dikirim perlu banyak di transmit ke node lainnya dan melebihi batas waktu buffering yang ditentukan sehingga memungkinkan paket yang dikirim akan hilang.



Gambar 4.23 Pengaruh pergerakan node terhadap packet loss pada kondisi NLOS

D. Mean Opinion Score (MOS)

Dari seluruh pengujian pada kondisi NLOS dengan menggunakan 1 node memiliki kualitas suara yang sangat baik di buktikan dengan memiliki nilai MOS yang tinggi yakni 4,4 hal tersebut bisa terjadi karena pada penggunaan 1 node pergerakan hanya terjadi satu kali pada client saja. Pengujian selanjutnya dengan menggunakan 2 node mengalami penurunan kulaitas dengan opini cukup baik, sedangkan pada penggunaan 3 node dengan 3 kali pergerakan kualitas atau nilai MOS yang dihasilkan memiliki opini buruk dengan suara seperti robot akan tetapi masih bisa terdengar dan bisa dimengerti. Dan untuk pengujian dengan 4 node kualitas kembali meningkat dengan memiliki nilai opini MOS cukup baik. Dari

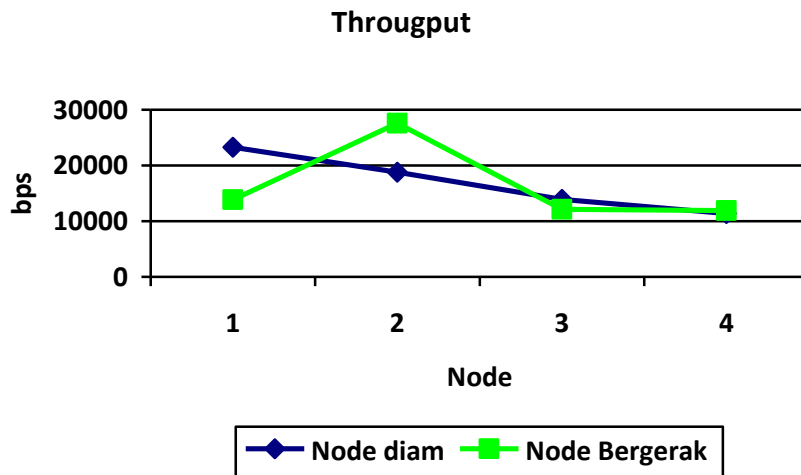
seluruh pengujian menggunakan 1 sampai dengan 4 node di dapatkan nilai MOS terendah adalah 1.0 pada penggunaan 3 node sedangkan pada penggunaan 1, 2 dan 4 node memiliki nilai MOS yang sangat baik yakni memiliki nilai 4.4 yang memiliki arti kualitas layanan komunikasi suara yang tergolong baik dengan menggunakan pendekatan matematis menggunakan E-model berdasarkan standart ITU-T G107 yang juga dirujuk dengan standart ITU-T P800.

4.3.7 Analisa Perbandingan Terhadap Node Diam dan Bergerak pada Kondisi LOS dan NLOS

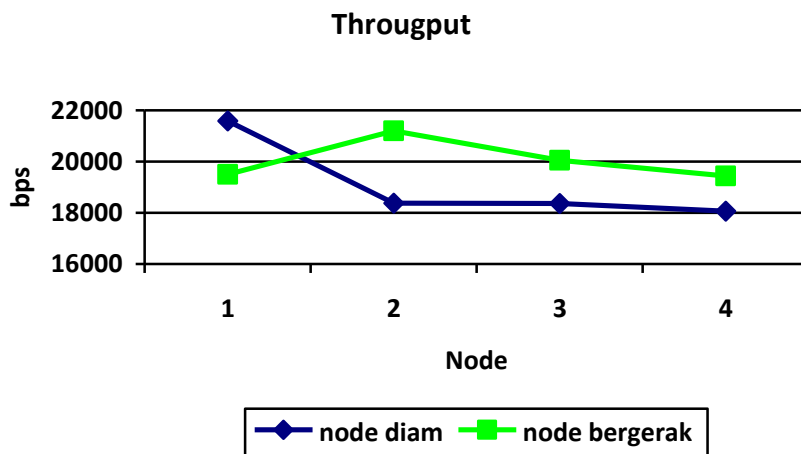
Analisa terhadap perbandingan node diam dan bergerak pada kondisi LOS dan NLOS dapat di lakukan dengan menggunakan data dari tabel 4.5, 4.6, 4.7 dan 4.8. agar mudah melakukan analisa dari nilai yang di dapat dari tabel tersebut dapat di lakukan analisa dengan membuat gambar grafik terlebih dahulu dengan mengelompokkan sesuai dengan parameter yang di gunakan yaitu throughput, delay, dan packet loss pada sisi server.

A. Throughput

Analisa berikutnya adalah perbandingan throughput terhadap node statis atau diam dan node bergerak pada kondisi LOS dan NLOS yang dapat dilihat pada gambar 4.24 dan 4.25 dapat di analisa bahwa pengaruh throughput terhadap node diam lebih cenderung menunjukkan trend yang menurun seiring dengan bertambahnya node sedangkan pengaruh throughput pada kondisi bergerak menunjukkan trend yang memiliki nilai throughput naik dan turun atau tidak beraturan hal ini bisa terjadi karena setiap node yang menggunakan algoritma BATMAN hanya mengetahui single hop neighbor saja sebagai dasar penentuan nexthop tanpa mengetahui seperti apa topologi jaringan secara keseluruhan sehingga hal tersebut yang membuat besarnya throughput tidak selalu menurun berdasarkan banyaknya jumlah node karena ketika pergerakan node berlangsung bisa saja node ke 4 langsung terhubung dengan server tanpa harus melewati node 2 dan 3 begitu pula sebaliknya sehingga pergerakan pada node bergerak memiliki trend nilai throughput yang tidak menentu.



Gambar 4.24 Perbandingan througput pada node diam dan bergerak pada kondisi LOS

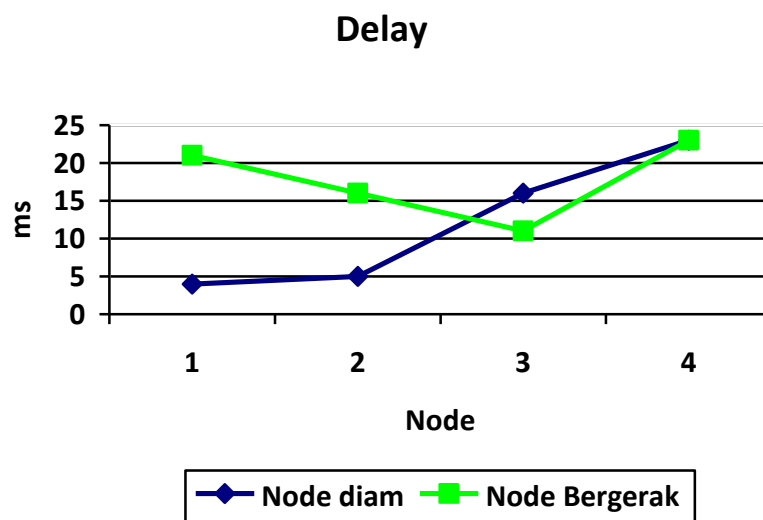


Gambar 4.25 Perbandingan througput pada node diam dan bergerak pada kondisi NLOS

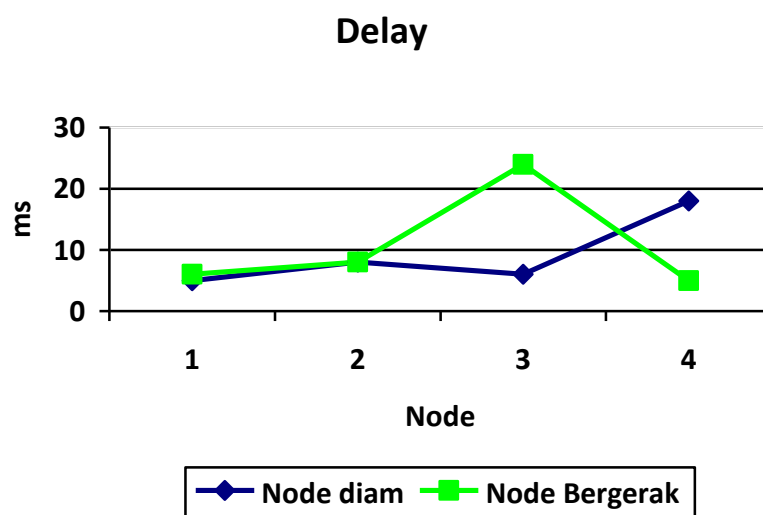
B. Delay

Analisa berikutnya adalah perbandingan delay terhadap node statis atau diam dan node bergerak pada kondisi LOS dan NLOS yang dapat dilihat pada gambar 4.26 dan 4.27 dapat di analisa bahwa pengaruh delay terhadap node diam lebih cenderung menunjukkan memiliki trend yang cenderung naik seiring dengan bertambahnya node sedangkan pengaruh delay pada kondisi bergerak menunjukkan trend yang memiliki nilai delay naik dan turun atau tidak beraturan hal ini bisa terjadi karena pengaruh penggunaan algoritma routing yang ada pada masing-masing node yang digunakan ketika nilai delay tinggi berarti banyak antrian yang

harus di lewati oleh paket sebelum di transmit ke node tujuan dan apabila nilai jitter rendah berarti tidak terlalu banyak antrian yang harus dilewati oleh paket yang dikirimkan untuk sampai ke tujuan. Nilai delay tertinggi yang diperoleh dari hasil pengukuran terhadap node diam dan bergerak pada kondisi line of sight dan non line of sight adalah 27 ms memiliki nilai kualitas yang baik berdasarkan ITU-T G 144 sehingga bisa disimpulkan bahwa aplikasi dan perangkat yang dibuat bisa diaplikasikan baik menggunakan infrastruktur statis maupun bergerak pada kondisi LOS dan NLOS dengan kualitas yang cukup baik.

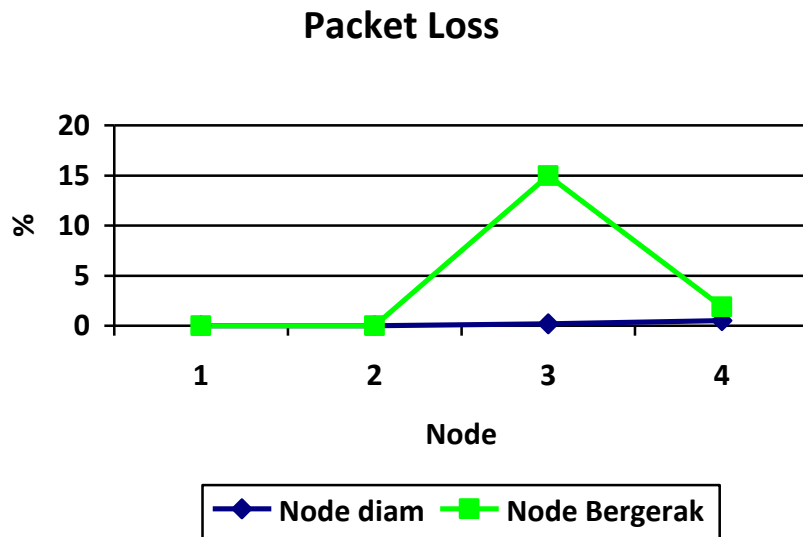


Gambar 4.26 Perbandingan delay pada node diam dan bergerak pada kondisi LOS

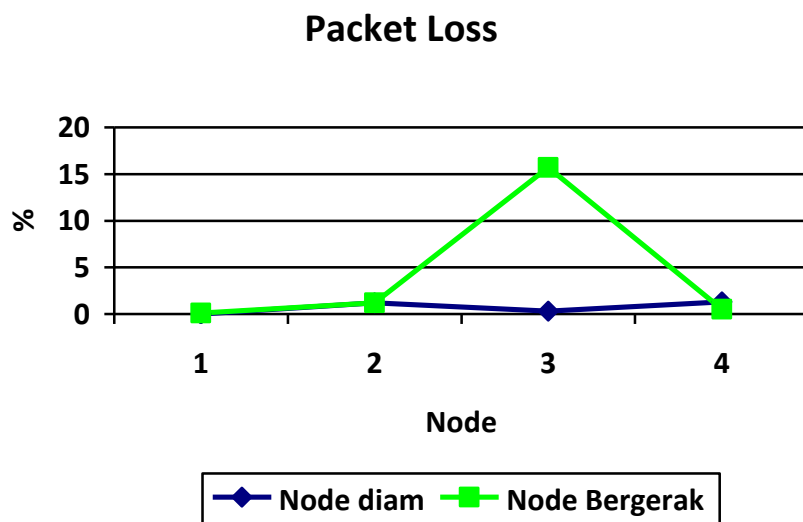


Gambar 4.27 Perbandingan delay pada node diam dan bergerak pada kondisi NLOS

C. Packet Loss



Gambar 4.28 Perbandingan packet loss pada node diam dan bergerak pada kondisi LOS



Gambar 4.29 Perbandingan packet loss pada node diam dan bergerak pada kondisi NLOS

Pada gambar 4.28 dan 4.29 dapat dilihat bahwa packet loss mengalami kehilangan paket pada penambahan node ke 3 pada kondisi LOS dan NLOS hilangnya paket tidak memiliki trend yang sama tetapi terjadi ketika node semakin banyak hal tersebut bisa terjadi karena paket yang dikirim harus bergantian pada saat di transmit sehingga paket akan mengalami antrian dan memungkinkan paket akan dibuang atau hilang karena sudah melewati waktu buffering yang ada.

Hilangnya paket tidak beraturan hal ini bisa terjadi karena di pengaruhi oleh jauhnya jarak berkomunikasi atau disebabkan adanya halangan sehingga delay akan terlalu lama dalam antrian dan membuat paket akan hilang. Besarnya paket yang hilang pada kondisi LOS dan NLOS memiliki nilai presentase tertinggi sebesar 15,7 % dimana memiliki nilai kualitas yang buruk hanya pada kondisi node ke tiga dengan adanya halangan pada rural area meliputi pepohonan dan rumah warga dan untuk hasil presentasi nilai packet loss lainnya memiliki nilai kualitas yang baik berdasarkan rujukan packet loss dengan standart ITU-T G.114.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

5.1 Konfigurasi Penambahan Kapasitas Memori

----- Exroot Configuration -----

```
#opkg install block-mount kmod-fs-ext4 kmod-usb-storage kmod-usb-ohci
#reboot
#block info
#mount /dev/sda1 /mnt
#mkdir /tmp/cproot
#mount --bind / /tmp/cproot
#tar -C /tmp/cproot -cvf - . | tar -C /mnt -xvf -
#sync ; umount /mnt
#umount /tmp/cproot
#block detect > /etc/config/fstab
#vi /etc/config/fstab
#/ect/init.d/fstab enable
#/etc/init.d/fstab start
#reboot
#df -h
```

5.2 Konfigurasi VOIP Server

----- SIP Configuration -----

```
[121511001]
type=friend
context=my-phones
username=121511001
secret=121511001
host=dynamic
```

```
[121511002]
type=friend
context=my-phones
username=121511002
secret=121511002
host=dynamic
```

```
[121511003]
type=friend
context=my-phones
username=121511003
secret=121511003
host=dynamic
```

```
[121511004]
```

type=friend
context=my-phones
username=121511004
secret=121511004
host=dynamic

[121511005]
type=friend
context=my-phones
username=121511005
secret=121511005
host=dynamic

[121511006]
type=friend
context=my-phones
username=121511006
secret=121511006
host=dynamic

[121511007]
type=friend
context=my-phones
username=121511007
secret=121511007
host=dynamic

[121511008]
type=friend
context=my-phones
username=121511008
secret=121511008
host=dynamic

[121511009]
type=friend
context=my-phones
username=121511009
secret=121511009
host=dynamic

[121511010]
type=friend
context=my-phones
username=121511010
secret=121511010
host=dynamic

[121511011]
type=friend
context=my-phones

username=121511011
secret=121511011
host=dynamic

[121511012]
type=friend
context=my-phones
username=121511012
secret=121511012
host=dynamic

[121511013]
type=friend
context=my-phones
username=121511013
secret=121511013
host=dynamic

[121511014]
type=friend
context=my-phones
username=121511014
secret=121511014
host=dynamic

[121511015]
type=friend
context=my-phones
username=121511015
secret=121511015
host=dynamic

[121511016]
type=friend
context=my-phones
username=121511016
secret=121511016
host=dynamic

[121511017]
type=friend
context=my-phones
username=121511017
secret=121511017
host=dynamic

[121511018]
type=friend
context=my-phones
username=121511018
secret=121511018

host=dynamic

[121511019]
type=friend
context=my-phones
username=121511019
secret=121511019
host=dynamic

[121511020]
type=friend
context=my-phones
username=121511020
secret=121511020
host=dynamic

[121511021]
type=friend
context=my-phones
username=121511021
secret=121511021
host=dynamic

[121511022]
type=friend
context=my-phones
username=121511022
secret=121511022
host=dynamic

[121511023]
type=friend
context=my-phones
username=121511023
secret=121511023
host=dynamic

[121511024]
type=friend
context=my-phones
username=121511024
secret=121511024
host=dynamic

[121511025]
type=friend
context=my-phones
username=121511025
secret=121511025
host=dynamic

[121511026]
type=friend
context=my-phones
username=121511026
secret=121511026
host=dynamic

[121511027]
type=friend
context=my-phones
username=121511027
secret=121511027
host=dynamic

[121511028]
type=friend
context=my-phones
username=121511028
secret=121511028
host=dynamic

[121511029]
type=friend
context=my-phones
username=121511029
secret=121511029
host=dynamic

[121511030]
type=friend
context=my-phones
username=121511030
secret=121511030
host=dynamic

[121511031]
type=friend
context=my-phones
username=121511031
secret=121511031
host=dynamic

[121511032]
type=friend
context=my-phones
username=121511032
secret=121511032
host=dynamic

[121511033]
type=friend

context=my-phones
username=121511033
secret=121511033
host=dynamic

[121511034]
type=friend
context=my-phones
username=121511034
secret=121511034
host=dynamic

[121511035]
type=friend
context=my-phones
username=121511035
secret=121511035
host=dynamic

[121511036]
type=friend
context=my-phones
username=121511036
secret=121511036
host=dynamic

[121511037]
type=friend
context=my-phones
username=121511037
secret=121511037
host=dynamic

[121511038]
type=friend
context=my-phones
username=121511038
secret=121511038
host=dynamic

[121511039]
type=friend
context=my-phones
username=121511039
secret=121511039
host=dynamic

[121511040]
type=friend
context=my-phones
username=121511040

secret=121511040
host=dynamic

----- Extensions Configuration -----

[my-phones]

```
exten => 121511001, 1, Dial(SIP/121511001)
exten => 121511002, 1, Dial(SIP/121511002)
exten => 121511003, 1, Dial(SIP/121511003)
exten => 121511004, 1, Dial(SIP/121511004)
exten => 121511005, 1, Dial(SIP/121511005)
exten => 121511006, 1, Dial(SIP/121511006)
exten => 121511007, 1, Dial(SIP/121511007)
exten => 121511008, 1, Dial(SIP/121511008)
exten => 121511009, 1, Dial(SIP/121511009)
exten => 121511010, 1, Dial(SIP/121511010)
exten => 121511011, 1, Dial(SIP/121511011)
exten => 121511012, 1, Dial(SIP/121511012)
exten => 121511013, 1, Dial(SIP/121511013)
exten => 121511014, 1, Dial(SIP/121511014)
exten => 121511015, 1, Dial(SIP/121511015)
exten => 121511016, 1, Dial(SIP/121511016)
exten => 121511017, 1, Dial(SIP/121511017)
exten => 121511018, 1, Dial(SIP/121511018)
exten => 121511019, 1, Dial(SIP/121511019)
exten => 121511020, 1, Dial(SIP/121511020)
exten => 121511021, 1, Dial(SIP/121511021)
exten => 121511022, 1, Dial(SIP/121511022)
exten => 121511023, 1, Dial(SIP/121511023)
exten => 121511024, 1, Dial(SIP/121511024)
exten => 121511025, 1, Dial(SIP/121511025)
exten => 121511026, 1, Dial(SIP/121511026)
exten => 121511027, 1, Dial(SIP/121511027)
exten => 121511028, 1, Dial(SIP/121511028)
exten => 121511029, 1, Dial(SIP/121511029)
exten => 121511030, 1, Dial(SIP/121511030)
exten => 121511031, 1, Dial(SIP/121511031)
exten => 121511032, 1, Dial(SIP/121511032)
exten => 121511033, 1, Dial(SIP/121511033)
exten => 121511034, 1, Dial(SIP/121511034)
exten => 121511035, 1, Dial(SIP/121511035)
exten => 121511036, 1, Dial(SIP/121511036)
exten => 121511037, 1, Dial(SIP/121511037)
exten => 121511038, 1, Dial(SIP/121511038)
exten => 121511039, 1, Dial(SIP/121511039)
exten => 121511040, 1, Dial(SIP/121511040)
```

5.3 Konfigurasi Routing Better Approach to Mobile Ad hoc Network

----- wireless Configuration node 1 -----

```
config wifi-device 'radio0'
    option type 'mac80211'
    option hwmode '11g'
    option path 'platform/ar933x_wmac'
    option htmode 'HT20'
    option txpower '30'
    option country 'US'
    option channel '11'
```

```
config wifi-iface
    option device 'radio0'
    option network 'lan'
    option mode 'ap'
    option ssid 'Node1'
    option encryption 'none'
```

```
config wifi-iface 'wmesh'
    option device 'radio0'
    option ifname 'adhoc0'
    option network 'mesh'
    option mode 'adhoc'
    option ssid 'mesh'
    option bssid '02:CA:FE:CA:CA:40'
```

----- Network Configuration node 1 -----

```
config interface 'loopback'
    option ifname 'lo'
    option proto 'static'
    option ipaddr '127.0.0.1'
    option netmask '255.0.0.0'
```

```
config globals 'globals'
    option ula_prefix 'fdbf:4be8:e06a::/48'
```

```
config interface 'lan'
    option ifname 'eth0 bat0'
    option type 'bridge'
    option proto 'static'
    option netmask '255.255.255.0'
    option ipaddr '192.168.137.254'
    option gateway '192.168.137.1'
    option dns '8.8.8.8 8.8.4.4'
```

#Add this network

```

config interface 'mesh'
    option ifname 'adhoc0'
    option mtu '1528'
    option proto 'batadv'
    option mesh 'bat0'

```

----- wireless Configuration node 2 -----

```

config wifi-device 'radio0'
    option type 'mac80211'
    option channel '11'
    option hwmode '11g'
    option path 'platform/ar933x_wmac'
    option htmode 'HT20'

```

```

config wifi-iface
    option device 'radio0'
    option network 'mb'
    option mode 'ap'
    option ssid 'Node2'
    option encryption 'none'

```

#Add this interface

```

config wifi-iface 'wmesh'
    option device 'radio0'
    option ifname 'adhoc0'
    option network 'mesh'
    option mode 'adhoc'
    option ssid 'mesh'
    option bssid '02:CA:FE:CA:CA:40'

```

----- Network Configuration node 2 -----

```

config interface 'loopback'
    option ifname 'lo'
    option proto 'static'
    option ipaddr '127.0.0.1'
    option netmask '255.0.0.0'

```

```

config globals 'globals'
    option ula_prefix 'fdbb:96f3:0baa::/48'

```

```

config interface lan
    option ifname 'eth0'
    option type 'bridge'
    option proto 'static'

```

```
option ipaddr    '192.168.1.1'
option netmask   '255.255.255.0'
```

#Add this network

```
config interface 'mesh'
    option ifname 'adhoc0'
    option mtu '1528'
    option proto 'batadv'
    option mesh 'bat0'
```

#Add the mb bridge

```
config interface 'mb'
    option ifname    'bat0'
    option type      'bridge'
    option proto      'static'
    option ipaddr    '192.168.137.253'
    option netmask   '255.255.255.0'
```

----- wireless Configuration node 3 -----

```
config wifi-device 'radio0'
    option type 'mac80211'
    option channel '11'
    option hwmode '11g'
    option path 'platform/ar933x_wmac'
    option htmode 'HT20'
```

```
config wifi-iface
    option device    'radio0'
    option network   'mb'
    option mode      'ap'
    option ssid      'Node3'
    option encryption 'none'
```

#Add this interface

```
config wifi-iface 'wmesh'
    option device 'radio0'
    option ifname 'adhoc0'
    option network 'mesh'
    option mode 'adhoc'
    option ssid 'mesh'
    option bssid '02:CA:FE:CA:CA:40'
```

----- Network Configuration node 3 -----

```
config interface 'loopback'
```

```

        option ifname 'lo'
        option proto 'static'
        option ipaddr '127.0.0.1'
        option netmask '255.0.0.0'

config globals 'globals'
    option ula_prefix 'fd04:3d01:6d40::/48'

config interface 'lan'
    option ifname 'eth0'
    option type 'bridge'
    option proto 'static'
    option ipaddr '192.168.1.1'
    option netmask '255.255.255.0'

config interface 'mesh'
    option ifname 'adhoc0'
    option mtu '1528'
    option proto 'batadv'
    option mesh 'bat0'

config interface 'mb'
    option ifname 'bat0'
    option type 'bridge'
    option proto 'static'
    option netmask '255.255.255.0'
    option ipaddr '192.168.137.252'

```

----- wireless Configuration node 4 -----

```

config wifi-device 'radio0'
    option type 'mac80211'
    option channel '11'
    option hwmode '11g'
    option path 'platform/ar933x_wmac'
    option htmode 'HT20'

config wifi-iface
    option device 'radio0'
    option network 'mb'
    option mode 'ap'
    option ssid 'Node4'
    option encryption 'none'

#Add this interface
config wifi-iface 'wmesh'
    option device 'radio0'
    option ifname 'adhoc0'
    option network 'mesh'

```

```
option mode 'adhoc'
option ssid 'mesh'
option bssid '02:CA:FE:CA:CA:40'
```

----- Network Configuration node 4 -----

```
config interface 'loopback'
    option ifname 'lo'
    option proto 'static'
    option ipaddr '127.0.0.1'
    option netmask '255.0.0.0'

config globals 'globals'
    option ula_prefix 'fdf2:13c7:1ad1::/48'

config interface 'lan'
    option ifname      'eth0'
    option type        'bridge'
    option proto       'static'
    option ipaddr      '192.168.1.1'
    option netmask     '255.255.255.0'

#Add this network
config interface 'mesh'
    option ifname 'adhoc0'
    option mtu '1528'
    option proto 'batadv'
    option mesh 'bat0'

#Add the mb bridge
config interface 'mb'
    option ifname      'bat0'
    option type        'bridge'
    option proto       'static'
    option ipaddr      '192.168.137.251'
    option netmask     '255.255.255.0'
```